



EPO - DG1

02 AUG 2004

112

BREVET D'INVENTION

CERTIFICAT D'UTILITÉ - CERTIFICAT D'ADDITION

RECEIVED

18 MAR 2004

WIPO

PCT

COPIE OFFICIELLE

Le Directeur général de l'Institut national de la propriété industrielle certifie que le document ci-annexé est la copie certifiée conforme d'une demande de titre de propriété industrielle déposée à l'Institut.

Fait à Paris, le 21 JUL. 2004

Pour le Directeur général de l'Institut
national de la propriété industrielle
Le Chef du Département des brevets

Martine PLANCHE

**PRIORITY
DOCUMENT**
SUBMITTED OR TRANSMITTED IN
COMPLIANCE WITH RULE 17.1(a) OR (b)

INSTITUT
NATIONAL DE
LA PROPRIÉTÉ
INDUSTRIELLE

SIEGE
26 bis, rue de Saint-Petersbourg
75800 PARIS cedex 08
Téléphone : 33 (0)1 53 04 53 04
Télécopie : 33 (0)1 53 04 45 23
www.inpi.fr



26 bis, rue de Saint Pétersbourg

75800 Paris Cedex 08

Téléphone : 01 53 04 53 04 Télécopie : 01 42 94 86 54

BREVET D'INVENTION CERTIFICAT D'UTILITÉ

Code de la propriété intellectuelle - Livre VI



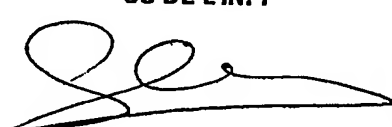
N° 11354*01

REQUÊTE EN DÉLIVRANCE 1/2

REMISE DES PIÈCES DATE 3 OCT 2003 LIEU 75 INPI PARIS N° D'ENREGISTREMENT 0311622 NATIONAL ATTRIBUÉ PAR L'INPI DATE DE DÉPÔT ATTRIBUÉE PAR L'INPI 03 OCT. 2003		Réservé à l'INPI Cet imprimé est à remplir lisiblement à l'encre noire DB 540 W / 260899	
Vos références pour ce dossier (facultatif) 63162		1 NOM ET ADRESSE DU DEMANDEUR OU DU MANDATAIRE À QUI LA CORRESPONDANCE DOIT ÊTRE ADRESSÉE Mariano DOMINGUEZ THALES Intellectual Property 31-33, Avenue Aristide Briand 94117 ARCUEIL CEDEX FRANCE	
Confirmation d'un dépôt par télécopie <input type="checkbox"/> N° attribué par l'INPI à la télécopie			
2 NATURE DE LA DEMANDE		Cochez l'une des 4 cases suivantes	
Demande de brevet		<input checked="" type="checkbox"/>	
Demande de certificat d'utilité		<input type="checkbox"/>	
Demande divisionnaire		<input type="checkbox"/>	
Demande de brevet initiale		N° _____ Date ____/____/____	
ou demande de certificat d'utilité initiale		N° _____ Date ____/____/____	
Transformation d'une demande de brevet européen		<input type="checkbox"/> N° _____ Date ____/____/____	
3 TITRE DE L'INVENTION (200 caractères ou espaces maximum) CONVERTISSEUR ELEVATEUR DE TENSION			
4 DÉCLARATION DE PRIORITÉ OU REQUÊTE DU BÉNÉFICE DE LA DATE DE DÉPÔT D'UNE DEMANDE ANTÉRIEURE FRANÇAISE		Pays ou organisation _____ N° _____ Date ____/____/____ Pays ou organisation _____ N° _____ Date ____/____/____ Pays ou organisation _____ N° _____ Date ____/____/____ <input type="checkbox"/> S'il y a d'autres priorités, cochez la case et utilisez l'imprimé «Suite» <input type="checkbox"/> S'il y a d'autres demandeurs, cochez la case et utilisez l'imprimé «Suite»	
5 DEMANDEUR			
Nom ou dénomination sociale		THALES	
Prénoms			
Forme juridique		S.A.	
N° SIREN		5 . 5 . 2 . 0 . 5 . 9 . 0 . 2 . 4	
Code APE-NAF		
Adresse		Rue 45, Rue de Villiers	
		Code postal et ville 92526 NEUILLY SUR SEINE CEDEX	
Pays		FRANCE	
Nationalité		Française	
N° de téléphone (facultatif)			
N° de télécopie (facultatif)			
Adresse électronique (facultatif)			

**BREVET D'INVENTION
CERTIFICAT D'UTILITÉ**

REQUÊTE EN DÉLIVRANCE 2/2

REMISE DES PIÈCES DATE 3 OCT 2003 LIEU 75 INPI PARIS N° D'ENREGISTREMENT 0311622 NATIONAL ATTRIBUÉ PAR L'INPI		Réservé à l'INPI	
Vos références pour ce dossier : <i>(facultatif)</i>		63162	
6 MANDATAIRE			
Nom		DOMINGUEZ	
Prénom		Mariano	
Cabinet ou Société		THALES - INTELLECTUAL PROPERTY	
N° de pouvoir permanent et/ou de lien contractuel		8325	
Adresse	Rue	31-33, Avenue Aristide Briand	
	Code postal et ville	94117	ARCUEIL CEDEX
N° de téléphone <i>(facultatif)</i>		01 41 48 45 20	
N° de télécopie <i>(facultatif)</i>		01 41 48 45 01	
Adresse électronique <i>(facultatif)</i>		mariano.dominguez@thalesgroup.com	
7 INVENTEUR (S)			
Les inventeurs sont les demandeurs		<input type="checkbox"/> Oui <input checked="" type="checkbox"/> Non Dans ce cas fournir une désignation d'inventeur(s) séparée	
8 RAPPORT DE RECHERCHE		Uniquement pour une demande de brevet (y compris division et transformation)	
Établissement immédiat ou établissement différé		<input checked="" type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	
Paiement échelonné de la redevance		Paiement en trois versements, uniquement pour les personnes physiques <input type="checkbox"/> Oui <input checked="" type="checkbox"/> Non	
9 RÉDUCTION DU TAUX DES REDEVANCES		Uniquement pour les personnes physiques <input type="checkbox"/> Requête pour la première fois pour cette invention (joindre un avis de non-imposition) <input type="checkbox"/> Requête antérieurement à ce dépôt (joindre une copie de la décision d'admission pour cette invention ou indiquer sa référence) :	
Si vous avez utilisé l'imprimé «Suite», indiquez le nombre de pages jointes			
10 SIGNATURE DU DEMANDEUR OU DU MANDATAIRE (Nom et qualité du signataire) Mariano DOMINGUEZ		VISA DE LA PRÉFECTURE OU DE L'INPI 	

CONVERTISSEUR ELEVATEUR DE TENSION

L'invention concerne un convertisseur élévateur de tension, ou « boost converter » en langue anglaise, permettant d'obtenir à partir une tension continue d'entrée une tension continue de sortie de valeur plus élevée que la tension d'alimentation.

Il s'avère parfois nécessaire, pour alimenter certains dispositifs électroniques, notamment ceux destinés à l'aéronautique, de générer des tensions électriques de niveau élevé, à partir d'un générateur commun d'alimentation basse tension. Les « boost converter » utilisés à cet effet sont des convertisseurs à découpage non isolés pour conserver des rendements élevés et des dimensions réduites.

La figure 1a montre un schéma de principe d'un convertisseur élévateur de tension de l'état de l'art.

Le circuit de la figure 1a est alimenté, par deux bornes d'entrée A et B, par un générateur E de tension d'entrée continue V_{in} et fournit une tension continue de sortie V_{out} sur une charge R_{out} en parallèle sur une capacité C_{out} . Le pôle positif du générateur E est connecté, à travers une inductance L_{in} et une diode D_d , à une borne C de la résistance R_{out} en parallèle avec la capacité C_{out} , l'autre borne D de la résistance R_{out} étant connectée au pôle négatif du générateur E. Un interrupteur Int connecté, d'une part, au point de connexion de l'inductance L_{in} et la diode D_d et, d'autre part, au pôle négatif du générateur E, assure périodiquement la mise en parallèle de l'inductance L_{in} avec le générateur E.

L'interrupteur Int est commandé à l'état passant pendant le temps T_{on} et ouvert pendant le temps T_{off} . La diode D_d est conductrice pendant le temps T_{off} et ouverte pendant le temps T_{on} . On appelle $\alpha = T_{on}/(T_{on} + T_{off})$ le rapport cyclique.

La figure 1b montre le signal de commande de l'interrupteur Int du « boost converter ».

Lorsque Int est fermé, pendant le temps T_{on} , l'inductance L_{in} voit à ses bornes la tension V_{in} du générateur E. Le courant I_{Lin} dans cette inductance croît de la valeur :

$$\Delta I_{Lin_{Ton}} = V_{in} \cdot T_{on} / L_{in}$$

Lorsque l'interrupteur Int est ouvert et que la diode Dd conduit, c'est à dire pendant le temps Toff, l'inductance Lin voit à ses bornes la différence entre la tension d'entrée Vin et la tension de sortie Vout. Le courant I_{Lin} dans cette inductance décroît donc de la valeur :

$$\Delta I_{Lin_{Toff}} = ((V_{in} - V_{out}) \cdot T_{off}) / L_{in}$$

Le régime d'équilibre est atteint lorsque la somme de ces deux variations est nulle, soit :

$$((V_{in} - V_{out}) \cdot T_{off}) / L_{in} + V_{in} \cdot T_{on} / L_{in} = 0$$

qui conduit à l'expression de la tension d'équilibre :

$$V_{out} = V_{in} / (1 - \alpha)$$

α étant compris entre 0 et 1, la tension de sortie Vout est donc plus élevée que la tension d'entrée Vin, la structure de la figure 1a est celle d'un élévateur de tension.

La figure 1c montre le courant dans le « boost converter » de la figure 1a.

En pratique, l'interrupteur Int peut être avantageusement réalisé par des semi-conducteurs. On peut citer, de façon non limitative les transistors MOS et bipolaires, les IGBT ou MCT.

Les convertisseurs élévateurs de tension de l'état de l'art comportent des limitations. En effet, il est difficile d'obtenir des rapports de tension Vout/Vin supérieurs à 5 tout en conservant un rendement du convertisseur optimal. En effet, l'interrupteur est soumis à la fois à de très fort courants et des tensions élevées.

D'autres structures non isolées peuvent être utilisées. On peut par exemple citer le convertisseur boost à autotransformateur ou la mise en série de deux convertisseurs boost. Toutes ces solutions ne présentent malheureusement pas les performances de rendement attendues.

Afin de pallier les inconvénients des dispositifs élévateurs de tension de l'état de l'art, l'invention propose un convertisseur élévateur de tension comportant :

- une paire de bornes d'entrée A et B pour connecter une tension continue d'entrée Vin entre ces deux bornes ;

- une paire P₀ d'interrupteurs SB, SH en série connectée par l'interrupteur SB à la borne d'entrée B, la borne d'entrée A étant connectée à travers une inductance d'entrée Lin au point de connexion entre les deux

interrupteurs SB et SH en série, chaque interrupteur SB, SH comportant des moyens de commande pour être mis simultanément, l'un dans un état passant l'autre dans un état isolé ;

- une paire de bornes de sortie C et D, pour alimenter, par une tension de sortie V_{out} , une charge R_{out} , la borne de sortie D étant connectée à la borne d'entrée B, caractérisé en ce qu'il comporte :

- K autres paires supplémentaires $P_1, P_2, \dots, P_i, \dots, P_{K-1}, P_K$ d'interrupteurs en série avec la paire P_0 entre la borne de sortie C et l'interrupteur SH avec $i = 1, 2, \dots, K-1, K$, les deux interrupteurs d'une même paire supplémentaire P_i étant connectés à travers une inductance de récupération d'énergie L_{r_i} ;

- K groupes d'entrée, $G_{in_1}, G_{in_2}, \dots, G_{in_i}, \dots, G_{in_{K-1}}, G_{in_K}$, de N_i capacités C de même valeur en série chacun, avec $i = 1, 2, \dots, K-1, K$ et $N_i = i$, l'électrode des capacités d'une des deux extrémités de chaque groupe d'entrée étant connectée au point commun entre les deux interrupteurs SB, SH de la paire P_0 , au moins l'électrode des capacités de chacune des autres extrémités des groupes d'entrée étant connectée respectivement au point commun entre chaque l'interrupteur SH_i et l'inductance de récupération L_{r_i} de la paire correspondante P_i de même rang i ,

- K groupes de sortie, $G_{out_1}, G_{out_2}, \dots, G_{out_i}, \dots, G_{out_{K-1}}, G_{out_K}$, de M_i capacités C de même valeur en série chacun, avec $i = 1, 2, \dots, K$ et $M_i = (K+1) - i$, l'électrode des capacités d'une des deux extrémités des groupes de sortie étant connectée à la borne de sortie C, au moins l'électrode des capacités de chacune des autres extrémités des groupes de sortie étant connectée respectivement au point de connexion entre deux paires d'interrupteurs consécutives P_{i-1} et P_i ;

en ce que les interrupteurs de ces autres K paires supplémentaires sont commandés pour former, lorsque l'interrupteur SB de la paire P_0 relié à la borne B est commandé dans l'état passant pendant un temps T_{on} , un premier réseau de capacités connecté d'une part à travers l'interrupteur SB à la borne B et, d'autre part, à la borne C, comportant les groupes de capacités d'entrée en série avec les groupes des capacités de sortie tels qu'un groupe de capacités d'entrée G_{in_i} est en série avec son respectif groupe de capacités de sortie G_{out_i} ,

et en ce que lorsque l'interrupteur SB de la paire P_0 relié à la borne d'entrée B est commandé dans l'état isolé pendant un temps T_{off} ces autres K paires d'interrupteurs forment un second réseau de capacités connecté à la borne A à travers l'inductance d'entrée L_{in} comportant le groupe d'entrée G_{inK} en parallèle avec le groupe de sortie G_{out1} , en parallèle avec des groupes de capacités d'entrée en série avec des groupes des capacités de sortie tels qu'un groupe de capacités d'entrée $G_{in_{i-1}}$ se trouve en série avec un groupe de capacités de sortie G_{outi} .

La tension V_{out} en sortie du convertisseur est fonction du rapport cyclique $\alpha = T_{on}/(T_{on}+T_{off})$, les capacités C des réseaux ayant une même valeur, la tension V_{out} est donnée par la relation :

$$V_{out} = (V_{in}/(1-\alpha)).(K+1)$$

Les interrupteurs comportent une entrée de commande (moyen de commande) pour être mis simultanément, l'un dans un état passant par l'application à son entrée de commande d'un premier signal de commande, l'autre dans un état isolé par l'application à son entrée de commande d'un second signal de commande complémentaire du premier.

En pratique, les interrupteurs peuvent être avantageusement réalisés par des semi-conducteurs. On peut citer, de façon non limitative les transistors MOS et bipolaires, les IGBT ou MCT.

Le convertisseur comporte en outre une capacité C_{out} de filtrage de sortie en parallèle sur la charge R_{out} entre les bornes de sortie C et D.

Dans une réalisation d'un convertisseur élévateur, selon l'invention, fournissant une tension de sortie V_{out} positive, le potentiel de la borne A est supérieur au potentiel de la borne B, le potentiel de la borne de sortie C est supérieur au potentiel de la borne de sortie D.

Dans une autre réalisation d'un convertisseur élévateur de tension, selon l'invention, fournissant une tension négative, le potentiel de la borne A est inférieur au potentiel de la borne B, le potentiel de la borne de sortie C est alors inférieur au potentiel de la borne de sortie D.

L'invention sera mieux comprise à l'aide d'exemples de réalisations selon l'invention, en référence aux dessins indexés, dans lesquels :

- La figure 1a, déjà décrite, montre un schéma de principe d'un convertisseur élévateur de tension de l'état de l'art ;

- la figure 1b montre le signal de commande de l'interrupteur Int du « boost converter » de la figure 1a ;
- la figure 1c montre le courant dans le « boost converter » de la figure 1a ;
- 5 - la figure 2 montre la structure générale du convertisseur selon l'invention comportant K paires d'interrupteurs supplémentaires ;
- la figure 3a représente un exemple de réalisation d'un convertisseur élévateur de tension à deux étages, selon l'invention, sans l'inductance de récupération ;
- 10 - la figure 3b montre la structure d'une version négative du convertisseur de la figure 3a ;
- la figure 4a montre une structure simplifiée du convertisseur élévateur de tension de la figure 3a ;
- la figure 4b montre la structure d'une version négative du
- 15 convertisseur de la figure 4a ;
- la figure 5a montre le convertisseur élévateur de tension de la figure 3a comportant une inductance de récupération d'énergie ;
- la figure 5b montre une première version d'une impédance Z_i pour fiabiliser le convertisseur selon l'invention ;
- 20 - la figure 5c montre une autre impédance Z_i pour fiabiliser le convertisseur selon l'invention ;
- la figure 5d montre une version simplifiée du convertisseur élévateur de tension de la figure 5a ;
- la figure 6 montre un schéma équivalent du convertisseur de la
- 25 figure 5a selon l'invention pendant le temps T_{on} ;
- la figure 6a montre un schéma équivalent du convertisseur de la figure 5d selon l'invention pendant le temps T_{on} ;
- la figure 7 montre les signaux de commande des interrupteurs SB et SB1 du convertisseur de la figure 5a ;
- 30 - la figure 7a montre les signaux de commande de l'interrupteurs SB du convertisseur de la figure 5d ;
- la figure 8 montre la variation du courant dans l'inductance de récupération d'énergie du convertisseur de la figure 5a ;
- la figure 8a montre la variation du courant dans l'inductance de
- 35 récupération d'énergie du convertisseur de la figure 5d ;

- la figure 9 représente l'espace énergétique de l'inductance de récupération L_{r1} et de la capacité C_{eq} de la figure 6 ;

- la figure 10a représente une première structure pratique du convertisseur selon l'invention ne comportant pas d'interconnexion entre les capacités d'un même niveau de potentiel ;

- la figure 10b représente la version négative du convertisseur de la figure 10a ;

- la figure 11 représente une autre structure pratique comportant des interconnexions entre les capacités d'un même niveau de potentiel ;

- la figure 12 représente la version négative du convertisseur de la figure 11.

La figure 2 montre la structure générale du convertisseur élévateur de tension selon l'invention comportant K paires d'interrupteurs supplémentaires. Le convertisseur de la figure 2 comporte, en outre, une capacité C_{out} de filtrage de sortie en parallèle sur la charge R_{out} entre les bornes de sortie C et D.

Dans la structure générale du « boost converter » de la figure 2 selon l'invention les tensions V_c aux bornes des capacités des groupes d'entrée G_{in_i} ou des groupes de sortie G_{out_i} ont une même valeur continue, ainsi, les capacités situées à un même niveau de potentiel peuvent être reliées entre elles. On peut ainsi réaliser simplement différentes structures du convertisseur élévateur de tension que nous verrons par la suite.

La figure 3a représente un exemple de réalisation d'un convertisseur élévateur de tension à deux étages (une seule paire supplémentaire), selon l'invention, sans l'inductance de récupération, comportant deux paires d'interrupteurs P_0 et P_1 , ayant chacune deux interrupteurs connectés en série. Les interrupteurs S_B , S_H pour la paire P_0 et les interrupteurs S_{B1} , S_{H1} pour la paire supplémentaire P_1 . Chaque interrupteur d'une paire comporte une entrée de commande pour être mis simultanément, l'un dans un état passant par l'application à son entrée de commande d'un premier signal de commande $C1$, l'autre dans un état isolé par l'application à son entrée de commande d'un second signal de commande $C2$ complémentaire du premier.

La figure 3b représente la version de tension négative du convertisseur élévateur de tension à deux étages de la figure 3a. Le

convertisseur de la figure 3b, de même structure que celui de la figure 3a, est alimenté par un générateur E fournissant un potentiel V_{in} négatif entre les bornes A et B d'entrée. La polarité de la capacité de sortie C_{out} est alors inversée.

- 5 La figure 4a montre une structure simplifiée du convertisseur élévateur de la figure 3a comportant deux paires d'interrupteurs. Dans cette structure simplifiée, les interrupteurs SB_1 , SH_1 de la paire P_1 sont remplacés par des diodes DB_1 , DH_1 . L'interrupteur SH de la paire P_0 connecté à la paire P_1 est aussi remplacé par une diode DH , seul l'interrupteur SB de la paire P_0 doit être conservé. La cathode d'une diode d'une paire (P_0) est connectée à l'anode de la diode de la paire suivante (P_1)

- 10 La figure 4b montre la structure simplifiée de la version négative de du convertisseur élévateur de la figure 3b. Dans cette structure de la figure 4b « miroir » de la structure de la figure 4a, l'anode de la diode d'une paire (P_0) est connectée à la cathode de la diode de la paire suivante (P_1). Comme pour la version de tension négative du convertisseur de la figure 3b la polarité de la capacité de sortie C_{out} est inversée.

- La figure 5a montre le convertisseur élévateur de tension de la figure 3a comportant une inductance de récupération d'énergie L_{r1} permettant une amélioration du rendement du convertisseur. La capacité d'entrée est désignée par C_e et la capacité de sortie par C_s .

Nous allons, par la suite, expliquer le fonctionnement du convertisseur élévateur de tension de la figure 5a selon l'invention.

- 25 La figure 6 montre un schéma équivalent du convertisseur de la figure 5a selon l'invention comportant l'inductance de récupération L_{r1} , pendant la période T_{on} correspondant à la période de conduction des interrupteurs des deux paires SB et SB_1 . Pendant ce temps T_{on} les interrupteurs SB et SB_1 sont fermés, les interrupteurs SH et SH_1 sont ouverts, la capacité de sortie C_{out} est en parallèle avec les deux capacités C_e et C_s en série avec l'inductance L_{r1} de récupération.

30 L'inductance de récupération L_{r1} est calculée pour obtenir une résonance du circuit oscillant de la figure 6 telle que :

$$T_{on} = \pi \sqrt{L_{r1} \cdot C_{eq}}$$

avec

$$C_{eq} = \frac{1}{\frac{1}{C_{out}} + \frac{1}{C_e} + \frac{1}{C_s}}$$

Pour un résultat optimal, T_{on} est constant et égal à environ la demi-période de la fréquence de résonance du circuit équivalent de la figure 6.

La figure 6a montre un schéma équivalent du convertisseur de la figure 5d selon l'invention pendant le temps T_{on} .

Dans le cas de la figure 6a, la diode DB1 ouvre automatique le circuit de résonance à l'annulation du courant dans l'inductance L_{r1} . Dans ce cas, il suffit que la relation suivante soit respectée :

$$T_{on} \geq \pi \sqrt{L_{r1} \cdot C_{eq}}$$

La figure 7 montre les signaux de commande des interrupteurs SB et SB1 du convertisseur de la figure 5a. Les autres interrupteurs sont commandés de façon complémentaire.

La figure 8 montre la variation du courant I_{Lr1} dans l'inductance de récupération d'énergie L_{r1} ainsi que la somme des tensions ($V_{ce} + V_{cs}$) aux bornes des respectives capacités d'entrée C_e et de sortie C_s (convertisseur de la figure 5a).

Au temps t_1 lors du passage de T_{off} à T_{on} , le courant dans l'inductance est nul, la tension ($V_{ce} + V_{cs}$) aux bornes des capacités C_e et C_s est inférieure à la valeur moyenne de V_{out} et croît en passant par la valeur moyenne de V_{out} , le courant dans l'inductance L_{r1} augmente en emmagasinant de l'énergie magnétique, passe par une valeur maximum lorsque ($V_{ce} + V_{cs}$) passe par la valeur moyenne de V_{out} , puis le courant décroît jusqu'à une valeur nulle, correspondant à la fin de T_{on} , rendant l'énergie aux capacités C_e et C_s . Pendant T_{off} , le courant dans l'inductance L_{r1} reste nul, la somme des tensions ($V_{ce} + V_{cs}$) décroît car C_e et C_s sont parcourues par le courant de l'inductance L_{in} , puis le cycle recommence au début de T_{on} .

La figure 7a montre les signaux de commande de l'interrupteurs SB du convertisseur de la figure 5d. La figure 8a montre la variation du courant dans l'inductance de récupération d'énergie du convertisseur de la figure 5d.

La figure 9 représente l'espace énergétique de l'inductance de récupération Lr_1 et de la capacité C_{eq} du convertisseur. L'axe des abscisses représente l'énergie capacitive W_c l'axe des ordonnées l'énergie inductive W_{Lr_1} , la variation d'énergie entre l'inductance et les capacités se produisant dans le temps T_{on} . L'énergie est transférée des capacités vers l'inductance de récupération puis rendue aux capacités.

L'accord du circuit du convertisseur à la fréquence de fonctionnement avec l'inductance de récupération Lr_1 diminue considérablement les pertes de rééquilibrage de charges dans les capacités C_e et C_s dans le circuit du « boost converter » selon l'invention. Ces pertes deviennent alors pratiquement nulles. Cette amélioration du convertisseur de la figure 3a avec inductances de récupération est applicable dans le cas général à K paires supplémentaires d'interrupteurs (voir figure 2).

En outre, afin de rendre plus fiable le convertisseur élévateur selon l'invention, le convertisseur représenté à la figure 5d comporte en parallèle avec l'inductance de récupération Lr_1 en série avec l'interrupteur SH_1 de la paire P_1 une impédance Z_1 .

En effet, en pratique, le T_{on} ne représente pas parfaitement la demi-période de résonance du circuit équivalent de la figure 6, l'impédance Z_1 permet de dissiper le courant résiduel et protéger les interrupteurs qui sont généralement des transistors MOS.

Cette amélioration du convertisseur de la figure 5a est applicable dans le cas général, ainsi chaque paire supplémentaire P_i du convertisseur selon l'invention comporte en parallèle avec l'inductance de récupération Lr_i en série avec l'interrupteur SH_i de la paire P_i une impédance Z_i .

La figure 5b montre une première version de l'impédance Z_i pour fiabiliser le convertisseur selon l'invention. L'impédance Z_i comporte une diode Ddz en série avec une résistance r , l'anode de la diode Ddz étant reliée, dans le circuit du convertisseur, à l'inductance de récupération et dans une seconde version, montrée à la figure 5c, une autre impédance Z_i comporte la diode Ddz en série avec une diode zéner Dz , les deux cathodes de la diode Dd et la diode zéner Dz étant reliées entre elles, l'anode de la diode Ddz étant reliée, dans le circuit du convertisseur, à l'inductance de récupération.

D'autres types d'impédance Z_i pour dissiper l'énergie résiduelle de l'inductance L_{r_i} peuvent bien sur être utilisés, par exemples des cellules RC ou RCD utilisées classiquement dans le domaine de l'électronique de puissance.

5 La figure 5d montre une version simplifiée du convertisseur élévateur de tension de la figure 5a comportant deux paires d'interrupteurs P_0 et P_1 et une inductance de récupération L_{r_1} . Dans cette structure simplifiée, les interrupteurs SB_1 et SH_1 de la paire P_1 sont remplacés par des diodes DB_1 et DH_1 . L'interrupteur SH de la paire P_0 connecté à la paire P_1 est
10 aussi remplacé par une diode DH , seul l'interrupteur SB de la paire P_0 doit être conservé, la cathode d'une diode d'une paire étant connectée à l'anode de la diode de la paire suivante. Comme dans le convertisseur élévateur de la figure 5a utilisant des interrupteurs, les deux diodes de la paire P_1 sont reliées en série à travers une inductance de récupération L_{r_1} .

15 La réalisation du convertisseur élévateur de tension simplifié avec des diodes reste valable pour un nombre quelconque de paires supplémentaires, ainsi, dans le cas général, les interrupteurs SB_i et SH_i des paires P_i supplémentaires sont remplacés respectivement par des diodes DB_i et DH_i . L'interrupteur SH de la paire P_0 connecté à la paire P_1 est une diode
20 DH , seul l'interrupteur SB de la paire P_0 doit être conservé. La cathode d'une diode d'une paire P_{i-1} étant connectée à l'anode de la diode de la paire suivante P_i . Comme dans le convertisseur élévateur avec des interrupteurs de la figure 5a, les deux diodes de la paire P_i sont reliées en série à travers une inductance de récupération L_{r_1} .

25 L'explication du fonctionnement du convertisseur série comportant l'inductance de récupération L_{r_1} à deux paires ($K=1$) reste valable pour un nombre quelconque de K paires supplémentaires. En effet, les courants dans les différentes paires P_i et dans l'inductance de récupération correspondante L_{r_1} sont les mêmes, le nombre de capacités élémentaires C dans les groupes
30 mis en série par les interrupteurs étant les mêmes.

La structure générale du convertisseur élévateur de tension représentée à la figure 2 permet de réaliser simplement différentes autres structures pratiques et de déterminer directement la valeur des capacités dans chaque branche d'entrée ou de sortie.

En effet, comme cela a été dit précédemment, dans la structure générale de la figure 2 comportant des capacités C de même valeur, les tensions V_c aux bornes de chacune des capacités sont les mêmes pour les groupes d'entrée et les mêmes pour les groupes de sortie, de ce fait, les capacités d'un même niveau de potentiel peuvent être connectées en partie ou en totalité en parallèle.

Les capacités d'un même niveau de potentiel N_{in1} sont, par exemple, toutes celles des groupes d'entrée $G_{in1}, G_{in2}, \dots, G_{in_i}, \dots, G_{in_{K-1}}, G_{in_K}$ ayant une électrode connectée au point commun entré les deux interrupteurs de la paire P_0 , d'un niveau de potentiel N_{in2} , toutes celles connectées par une électrode aux électrodes libres des capacités du niveau N_{in1} et par l'autre électrode à celles du niveau suivant N_{in3} et ainsi de suite jusqu'au niveau N_{inK} .

De même, pour les capacités des groupes de sortie, nous aurons le niveau N_{out1} pour toutes celles des groupes de sortie $G_{out1}, G_{out2}, \dots, G_{out_i}, \dots, G_{out_{K-1}}, G_{out_K}$ ayant une électrode connectées au point commun entre les deux paires d'interrupteurs P_0 et P_1 , d'un niveau de potentiel N_{out2} toutes celles connectées par une électrode aux électrodes libres des capacités du niveau N_{out1} et par l'autre électrode à celles du niveau suivant N_{out3} et ainsi de suite jusqu'au niveau N_{outK} .

Les traits en pointillés sur le schéma de la figure 2 représentent les connexions possibles entre les capacités C de même valeur.

La figure 10a représente une première structure pratique du convertisseur selon l'invention ne comportant pas d'interconnexions entre les capacités d'un même niveau de potentiel, chacun des groupes d'entrée G_{in_i} ou de sortie G_{out_i} comporte respectivement une seule capacité $C_{ea1}, C_{ea2}, \dots, C_{ea_i}, \dots, C_{ea_K}$, pour les groupes d'entrée G_{in_i} et $C_{sa1}, C_{sa2}, \dots, C_{sa_i}, \dots, C_{sa_K}$, pour les groupes de sortie G_{out_i} .

La valeur de chacune des capacités d'entrée C_{ea_i} se déduit simplement de la structure générale par le calcul de la capacité résultante des $N_i=i$ capacités C en série, avec $i=1, 2, \dots, K$, i étant l'ordre du groupe d'entrée considéré :

$$\begin{array}{ll} C_{ea1} = C & i=1 \\ C_{ea2} = C/2 & i=2 \end{array}$$

$$\begin{array}{ll}
 \dots & \\
 Cea_i = C/i & i \\
 \dots & \\
 Cea_K = C/K & i=K
 \end{array}$$

La valeur de chacune de ces capacités de sortie Csa_i se déduit simplement de la structure générale par le calcul de la capacité résultante de $M_i = (K+1) - i$ capacités C en série, i étant l'ordre du groupe de sortie considéré :

$$\begin{array}{ll}
 Csa_1 = C/K & i=1 \\
 Csa_2 = C/(K-1) & i=2 \\
 \dots & \\
 Csa_i = C/(K+1-i) & i \\
 \dots & \\
 Csa_K = C & i=K
 \end{array}$$

La figure 10b représente la première structure pratique du convertisseur de la figure 10a dans une version négative ne comportant pas d'interconnexions entre les capacités d'un même niveau de potentiel.

La figure 11 représente une autre structure pratique du convertisseur selon l'invention, dans une version positive, comportant des interconnexions entre les capacités d'un même niveau N_v de potentiel (capacités en parallèle), la structure comporte un seul groupe d'entrée G_{in} et un seul groupe de sortie G_{out} . La capacité d'entrée Ceb_i , pour chacun des niveaux de potentiel N_{in_i} , connectée entre les points de connexion des interrupteurs de deux paires consécutives P_i, P_{i-1} , sera déduite simplement en calculant la capacité Ceb_i équivalente aux capacités en parallèle du niveau N_{in_i} de potentiel considéré, soit :

$$\begin{array}{ll}
 Ceb_1 = C.K & i=1 \\
 Ceb_2 = C.(K-1) & i=2 \\
 \dots & \\
 Ceb_i = C.((K+1)-i) & i \\
 \dots &
 \end{array}$$

$$C_{eb_K} = C$$

$$i = K$$

La capacité de sortie C_{sb_i} de chacun des niveaux de potentiel N_{out_i} , connectée en parallèle avec sa respective paire d'interrupteurs P_i sera déduite simplement en calculant la capacité C_{sb_i} équivalente aux capacités en parallèle du niveau N_{out_i} considéré, i étant l'ordre du niveau de potentiel en sortie considéré, soit :

$$C_{sb_1} = C$$

$$i = 1$$

$$C_{sb_2} = C.2$$

$$i = 2$$

....

$$C_{sb_i} = C.((K+1)-i)$$

$$i$$

.....

$$C_{sb_K} = C.K$$

$$i = K$$

La figure 12 représente le convertisseur élévateur de tension de la figure 11, dans une version simplifiée de tension négative, comportant des interconnexions entre les capacités d'un même niveau N_v de potentiel. Dans cette version simplifiée, les interrupteurs SB_i et SH_i des paires P_i supplémentaires sont remplacés respectivement par des diodes DB_i et DH_i . L'interrupteur SH de la paire P_0 connecté à la paire P_1 est une diode DH , seul l'interrupteur SB de la paire P_0 doit être conservé. L'anode d'une diode d'une paire P_{i-1} étant connectée à la cathode de la diode de la paire suivante P_i . Le convertisseur de la figure 12, de même structure que celui de la figure 11, est alimenté par un générateur E fournissant un potentiel V_{in} négatif entre les bornes A et B d'entrée. La tension V_{out} étant négative, la polarité de la capacité de sortie C_{out} est alors inversée.

Dans d'autres réalisations on peut, bien entendu, combiner les deux types de réalisations pratiques en mettant des capacités en parallèle pour certains groupes et en série pour d'autres.

On peut aussi réaliser des structures de conversion en combinant plusieurs convertisseurs en parallèle, qu'ils soient positifs et/ou négatifs. Les signaux de commande des convertisseurs de la structure de conversion peuvent alors être avantageusement déphasés de façon à réduire les

ondulations de courant d'entrée et/ou de sortie des convertisseurs élévateurs.

Le convertisseur élévateur selon l'invention permet d'obtenir des rendements supérieurs aux convertisseurs élévateurs de tension de l'état de l'art avec des rapports de tension V_{out}/V_{in} bien supérieurs à cinq.

REVENDECATIONS

1. convertisseur élévateur de tension comportant :

- une paire de bornes d'entrée A et B pour connecter une tension continue d'entrée V_{in} entre ces deux bornes ;
- 5 - une paire P_0 d'interrupteurs SB, SH en série connectée par l'interrupteur SB à la borne d'entrée B, la borne d'entrée A étant connectée à travers une inductance d'entrée L_{in} au point de connexion entre les deux interrupteurs SB et SH en série, chaque interrupteur SB, SH comportant des moyens de commande pour être mis simultanément, l'un dans un état
- 10 passant l'autre dans un état isolé ;
- une paire de bornes de sortie C et D, pour alimenter, par une tension de sortie V_{out} , une charge R_{out} , la borne de sortie D étant connectée à la borne d'entrée B, caractérisé en ce qu'il comporte :
 - K autres paires supplémentaires $P_1, P_2, \dots, P_{i-1}, P_{i+1}, \dots, P_{K-1}, P_K$
 - 15 d'interrupteurs en série avec la paire P_0 entre la borne de sortie C et l'interrupteur SH avec $i = 1, 2, \dots, K-1, K$, les deux interrupteurs d'une même paire supplémentaire P_i étant connectés à travers une inductance de récupération d'énergie L_{r_i} ;
 - K groupes d'entrée, $G_{in1}, G_{in2}, \dots, G_{in_i}, \dots, G_{in_{K-1}}, G_{in_K}$, de N_i
 - 20 capacités C de même valeur en série chacun, avec $i = 1, 2, \dots, K-1, K$ et $N_i = i$, l'électrode des capacités d'une des deux extrémités de chaque groupe d'entrée étant connectée au point commun entre les deux interrupteurs SB, SH de la paire P_0 , au moins l'électrode des capacités de chacune des autres extrémités des groupes d'entrée étant connectée respectivement au point
 - 25 commun entre chaque l'interrupteur SH_i et l'inductance de récupération L_{r_i} de la paire correspondante P_i de même rang i ,
 - K groupes de sortie, $G_{out1}, G_{out2}, \dots, G_{out_i}, \dots, G_{out_{K-1}}, G_{out_K}$, de M_i
 - 30 capacités C de même valeur en série chacun, avec $i = 1, 2, \dots, K$ et $M_i = (K+1) - i$, l'électrode des capacités d'une des deux extrémités des groupes de sortie étant connectée à la borne de sortie C, au moins l'électrode des capacités de chacune des autres extrémités des groupes de sortie étant connectée respectivement au point de connexion entre deux paires d'interrupteurs consécutives P_{i-1} et P_i ;

en ce que les interrupteurs de ces autres K paires supplémentaires sont commandés pour former, lorsque l'interrupteur SB de la paire P_0 relié à la borne B est commandé dans l'état passant pendant un temps T_{on} , un premier réseau de capacités connecté d'une part à travers l'interrupteur SB à la borne B et, d'autre part, à la borne C, comportant les groupes de capacités d'entrée en série avec les groupes des capacités de sortie tels qu'un groupe de capacités d'entrée G_{in_i} est en série avec son respectif groupe de capacités de sortie G_{out_i} ,

et en ce que lorsque l'interrupteur SB de la paire P_0 relié à la borne d'entrée B est commandé dans l'état isolé pendant un temps T_{off} ces autres K paires d'interrupteurs forment un second réseau de capacités connecté à la borne A à travers l'inductance d'entrée L_{in} comportant le groupe d'entrée G_{in_K} en parallèle avec le groupe de sortie G_{out_1} , en parallèle avec des groupes de capacités d'entrée en série avec des groupes des capacités de sortie tels qu'un groupe de capacités d'entrée $G_{in_{i-1}}$ se trouve en série avec un groupe de capacités de sortie G_{out_i} .

2. Convertisseur élévateur de tension selon la revendication 1, caractérisé en ce que la tension V_{out} en sortie du convertisseur est fonction du rapport cyclique $\alpha = T_{on}/(T_{on} + T_{off})$, les capacités C des réseaux ayant une même valeur, la tension V_{out} est donnée par la relation :

$$V_{out} = (V_{in}/(1-\alpha)).(K+1).$$

3. Convertisseur élévateur de tension selon l'une des revendications 1 ou 2, caractérisé en ce qu'il fournit une tension de sortie V_{out} positive; le potentiel de la borne A étant supérieur au potentiel de la borne B, le potentiel de la borne de sortie C étant supérieur au potentiel de la borne de sortie D.

4. Convertisseur élévateur de tension selon l'une des revendications 1 à 3, caractérisé en ce que les interrupteurs SB_i et SH_i des paires P_i supplémentaires sont des diodes DB_i et DH_i , et en ce que l'interrupteur SH de la paire P_0 connecté à la paire P_1 est une diode DH , seul l'interrupteur SB de la paire P_0 étant conservé, la cathode d'une diode d'une paire P_{i-1} étant connectée à l'anode de la diode de la paire suivante P_i .

5. Convertisseur élévateur de tension selon l'une des revendications 1 à 4, caractérisé en ce qu'il comporte une première impédance Z_i ayant une diode Ddz en série avec une résistance r , l'anode de la diode Ddz étant reliée, dans le circuit du convertisseur, à l'inductance de récupération Lr_1 .

5

6. Convertisseur élévateur de tension selon l'une des revendications 1 à 4, caractérisé en ce qu'il comporte une autre impédance Z_i ayant une diode Ddz en série avec une diode zéner Dz , les deux cathodes de la diode Ddz et la diode zéner Dz étant reliées entre elles, l'anode de la diode Ddz étant reliée, dans le circuit du convertisseur, à l'inductance de récupération.

10

7. Convertisseur élévateur de tension selon l'une des revendications 1 à 6, caractérisé en ce que chacun des groupes d'entrée Gin_i ou de sortie $Gout_i$ comporte respectivement une seule capacité $Cea_1, Cea_2, \dots, Cea_i, \dots, Cea_K$ pour le groupe d'entrée Gin_i et $Csa_1, Csa_2, \dots, Csa_i, \dots, Csa_K$, pour les groupes de sortie $Gout_i$.

15

et en ce que la valeur de chacune des capacités d'entrée Cea_i est déduite de la structure générale par le calcul de la capacité résultante des $Ni=i$ capacités C en série, avec $i=1, 2, \dots, K$, i étant l'ordre du groupe d'entrée considéré :

20

$$Cea_1 = C \quad i=1$$

$$Cea_2 = C/2 \quad i=2$$

....

$$25 \quad Cea_i = C/i \quad i$$

.....

$$Cea_K = C/K \quad i=K$$

la valeur de chacune de ces capacités de sortie Csa_i étant déduite de la structure générale par le calcul de la capacité résultante de $Mi=(K+1)-i$ capacités C en série, i étant l'ordre du groupe de sortie considéré :

30

$$Csa_1 = C/K \quad i=1$$

$$Csa_2 = C/(K-1) \quad i=2$$

35

....

$$\begin{array}{ll}
 Csa_i = C/(K+1)-i & i \\
 \dots\dots & \\
 Csa_K = C & i=K
 \end{array}$$

- 5 8. Convertisseur élévateur de tension selon l'une des revendications 1 à 6, caractérisé en ce qu'il comporte des interconnexions entre les capacités d'un même niveau N_v de potentiel, la structure ayant un seul groupe d'entrée G_{in} et un seul groupe de sortie G_{out} , et en ce que la capacité d'entrée Ceb_i , pour chacun des niveaux de potentiel N_{in_i} , connectée
- 10 entre les points de connexion des interrupteurs de deux paires consécutives P_i, P_{i-1} , sera déduite simplement en calculant la capacité Ceb_i équivalente aux capacités en parallèle du niveau N_{in_i} , de potentiel considéré, soit :

$$\begin{array}{ll}
 Ceb_1 = C.K & i=1 \\
 15 \quad Ceb_2 = C.(K-1) & i=2 \\
 \dots & \\
 Ceb_i = C.((K+1)-i) & i \\
 \dots\dots & \\
 20 \quad Ceb_K = C & i=K
 \end{array}$$

- 20 la capacité de sortie Csb_i de chacun des niveaux de potentiel N_{out_i} , connectée en parallèle avec sa respective paire d'interrupteurs P_i sera déduite simplement en calculant la capacité Csb_i équivalente aux capacités en parallèle du niveau N_{out_i} considéré, i étant l'ordre du niveau de potentiel
- 25 en sortie considéré, soit :

$$\begin{array}{ll}
 Csb_1 = C & i=1 \\
 Csb_2 = C.2 & i=2 \\
 \dots & \\
 30 \quad Csb_i = C.((K+1)-i) & i \\
 \dots\dots & \\
 Csb_K = C.K & i=K
 \end{array}$$

9. Convertisseur élévateur de tension selon l'une des revendications 1 à 8, caractérisé en ce qu'il comporte une capacité Cout de filtrage de sortie en parallèle sur la charge Rout entre les bornes de sortie C et D.

5 10. Convertisseur élévateur de tension selon l'une des revendications 1 à 2, caractérisé en ce qu'il fournit une tension négative, le potentiel de la borne A étant inférieur au potentiel de la borne B, le potentiel de la borne de sortie C étant inférieur au potentiel de la borne de sortie D.

10 11. Convertisseur élévateur de tension selon l'une des revendications 1 à 10, caractérisé en ce que les interrupteurs sont des semiconducteurs comportant une entrée de commande (moyen de commande) pour être mis simultanément, l'un dans un état passant par l'application à son entrée de commande d'un premier signal de commande,
15 l'autre dans un état isolé par l'application à son entrée de commande d'un second signal de commande complémentaire du premier.

20 12. Structure de conversion caractérisée en ce qu'elle comporte plusieurs convertisseurs positifs et/ou négatifs, selon l'une des revendications 1 à 11, en parallèle.

25 13. Structure de conversion selon la revendication 12, caractérisée en ce que les signaux de commande des convertisseurs de la structure de conversion sont déphasés de façon à réduire les ondulations de courant d'entrée et/ou de sortie des convertisseurs élévateurs.

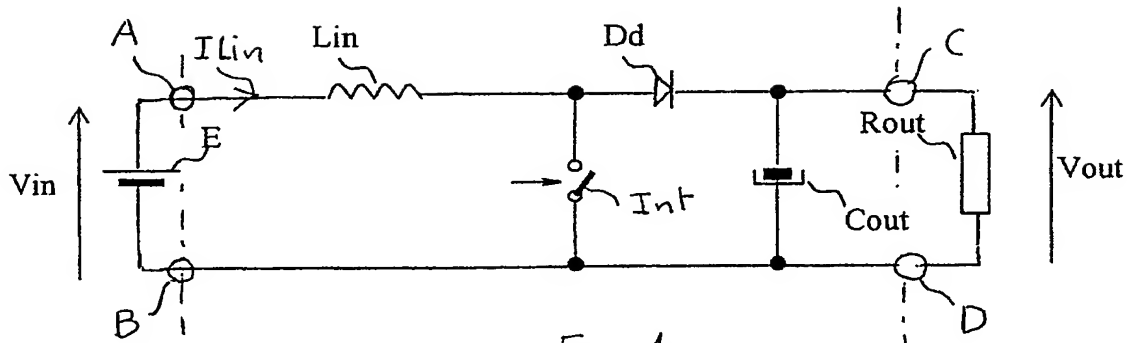


Fig 1a

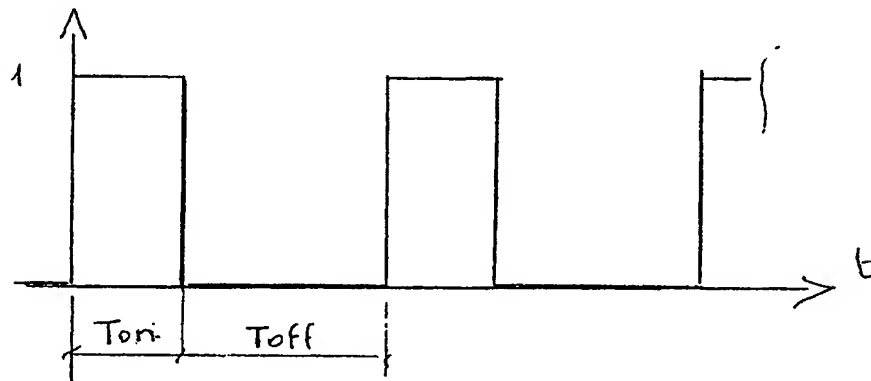


Fig 1b

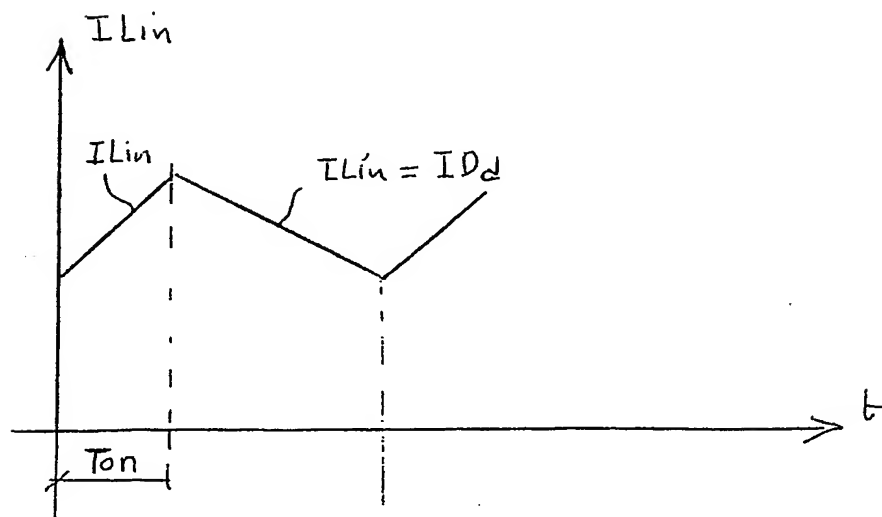


Fig 1c

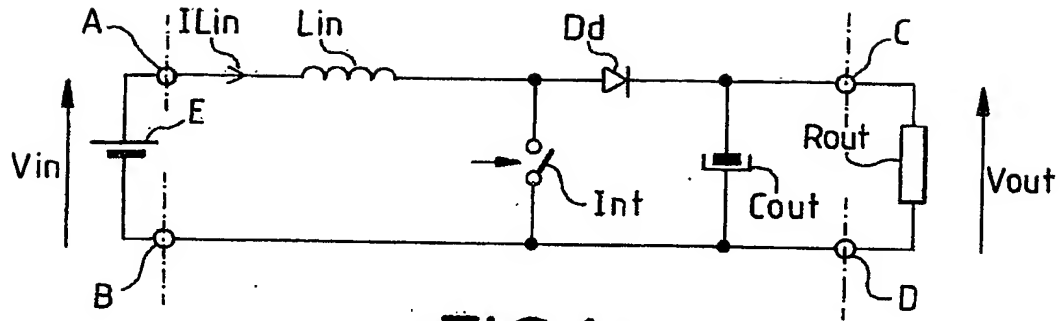


FIG.1a

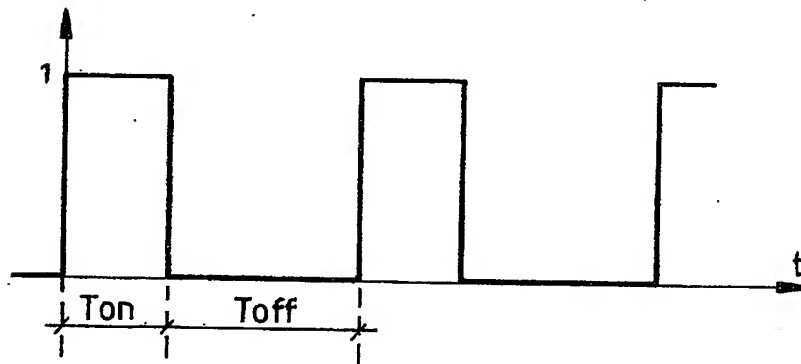


FIG.1b

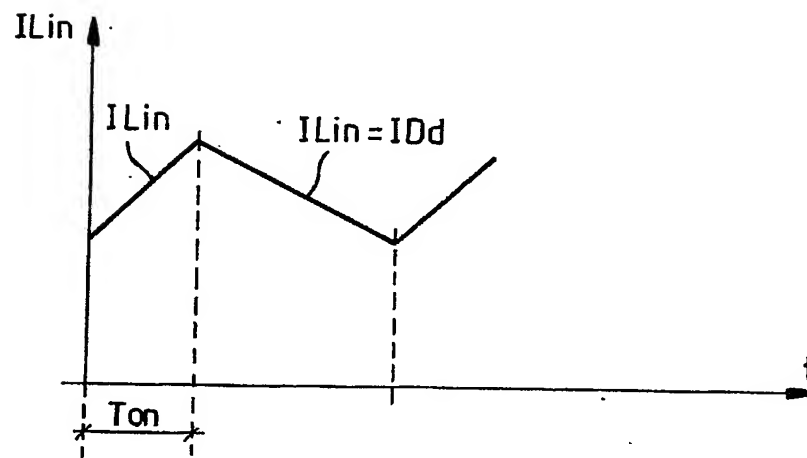


FIG.1c

2/11

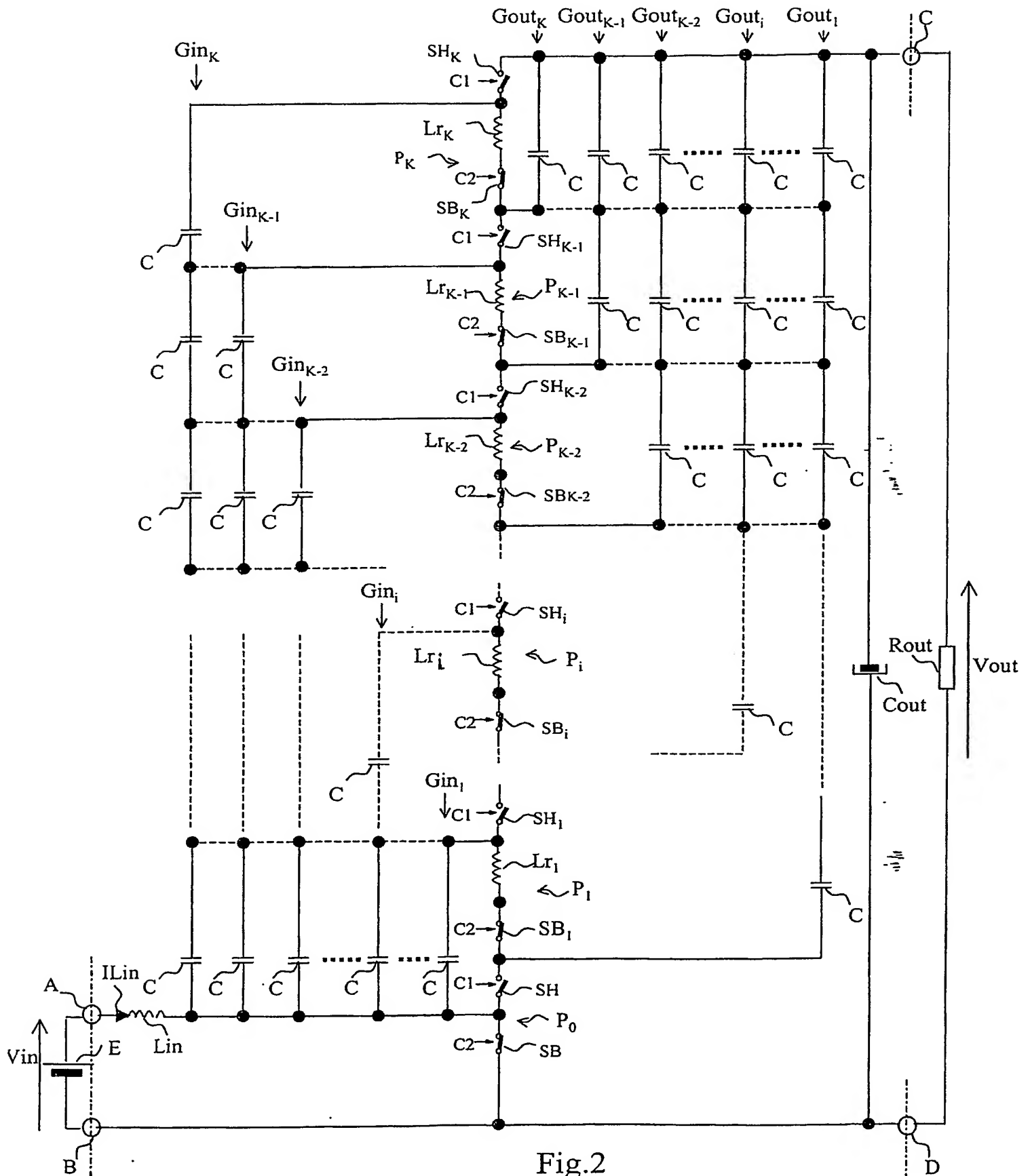


Fig.2

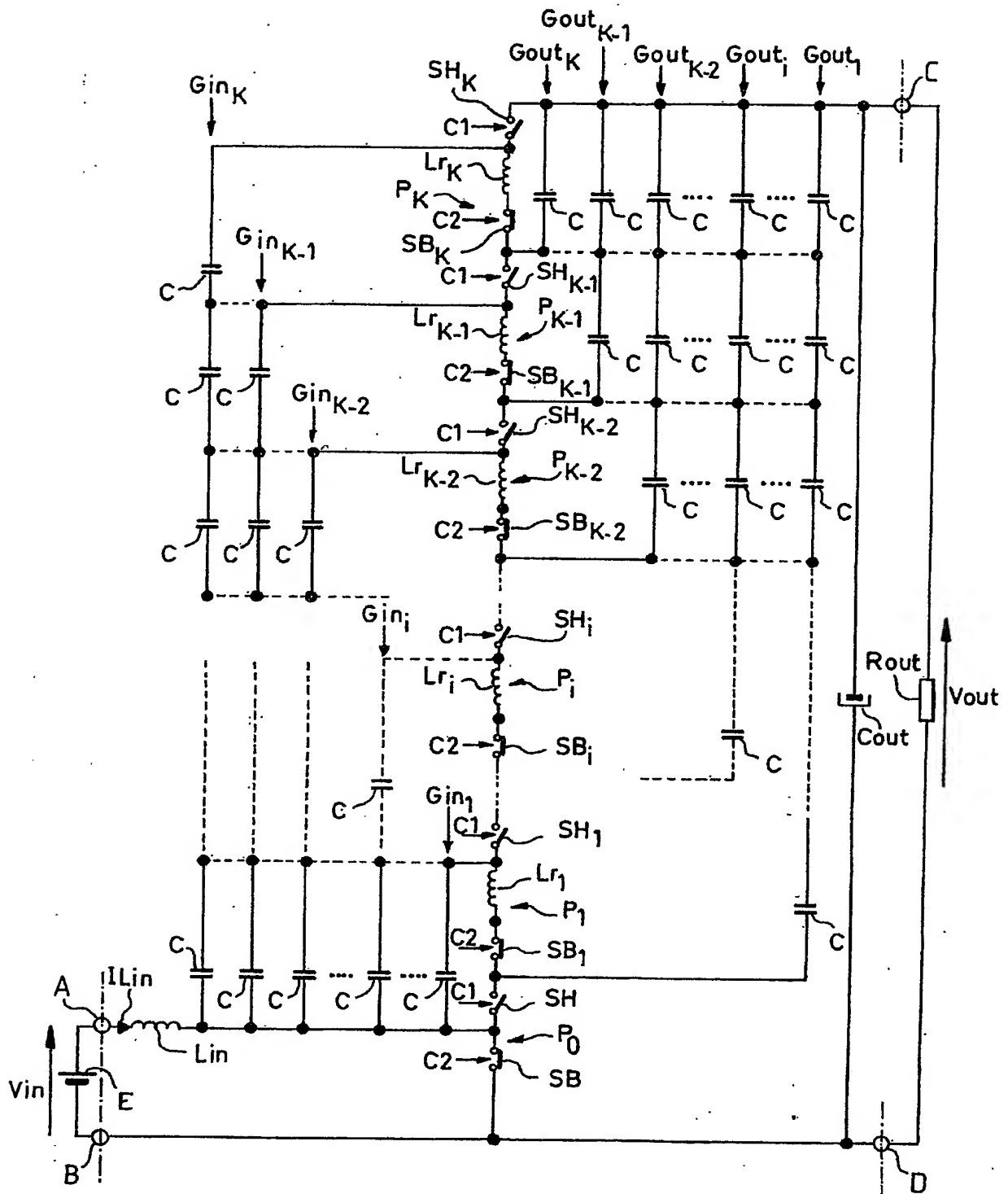


FIG. 2

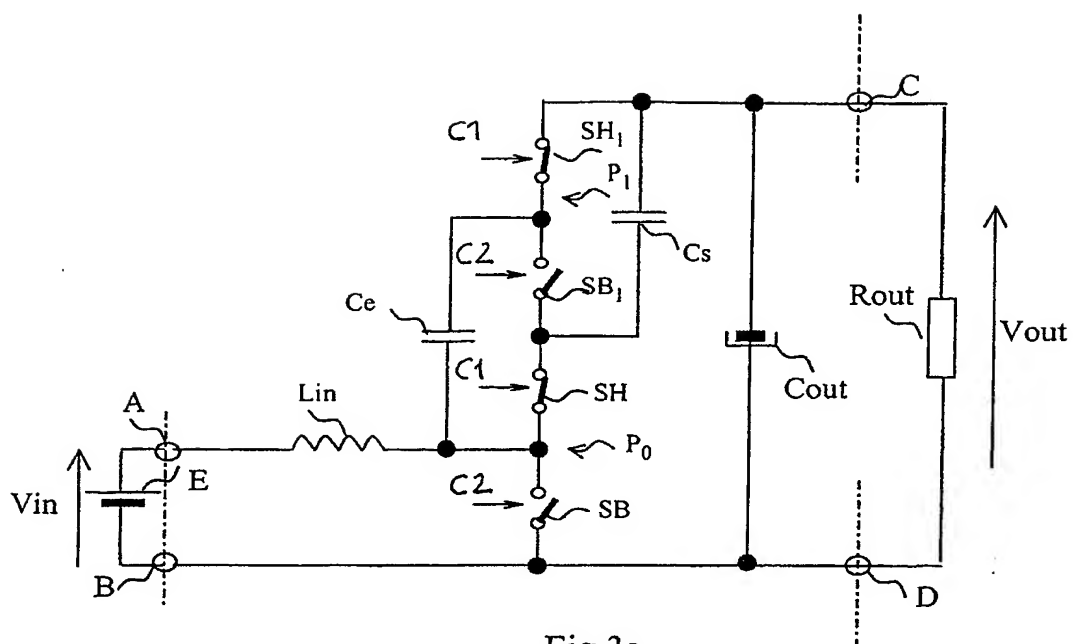


Fig 3a

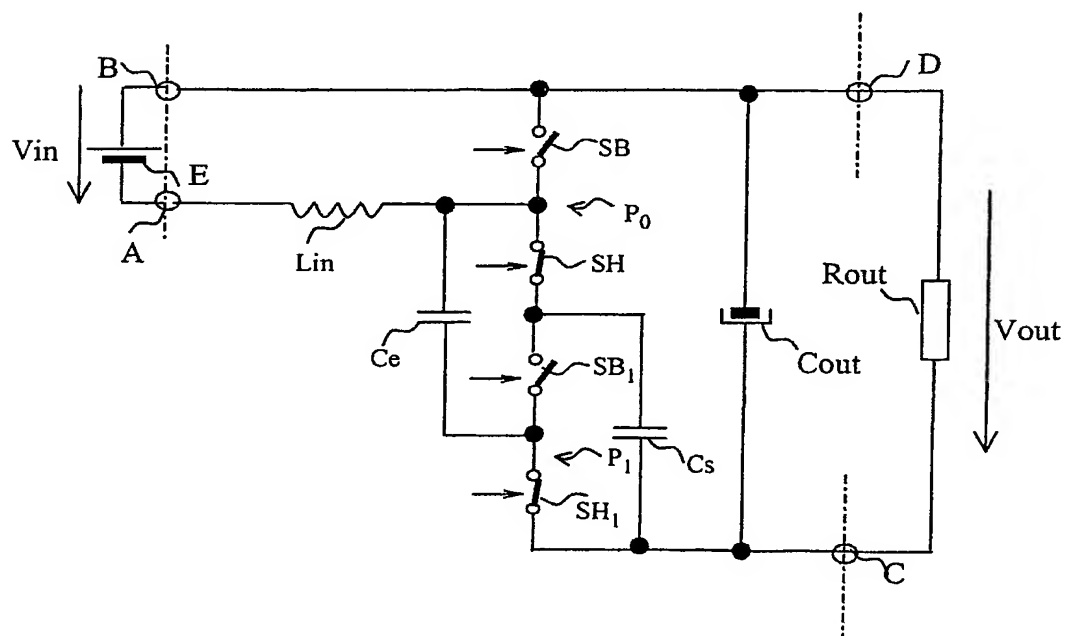


Fig 3b

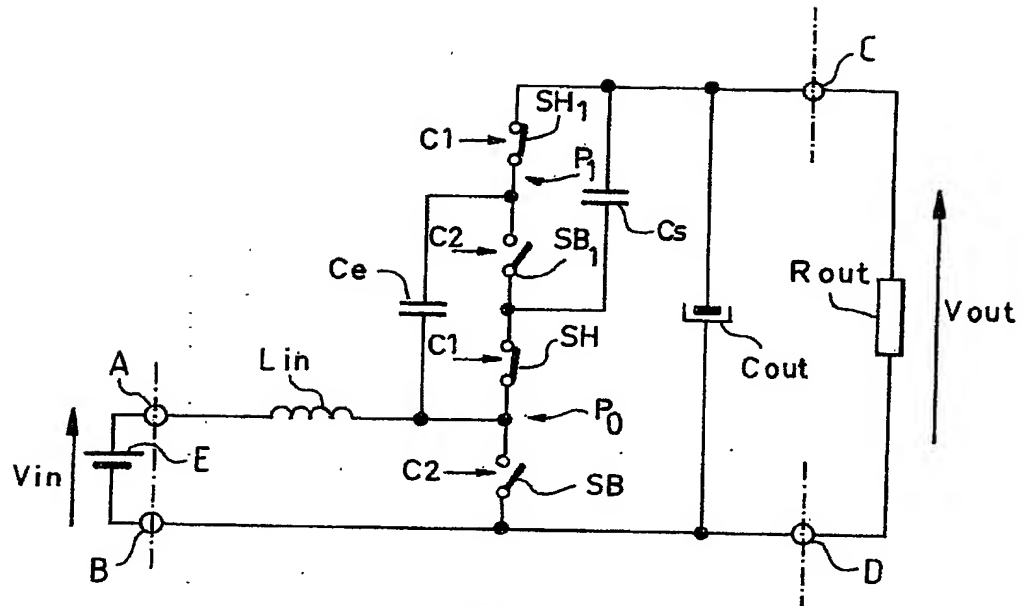


FIG. 3a

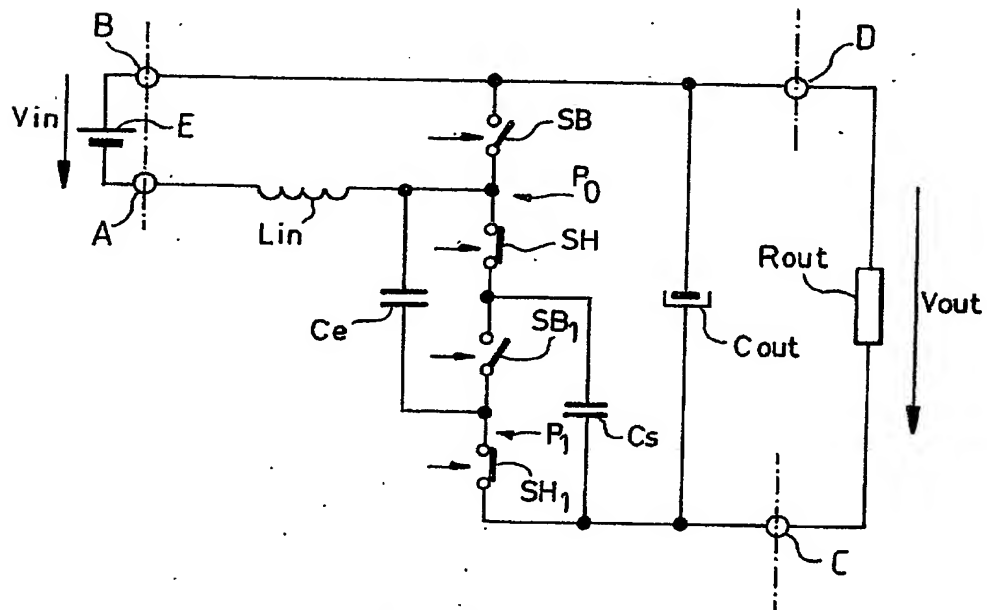


FIG. 3b



Fig 4a



Fig 4b

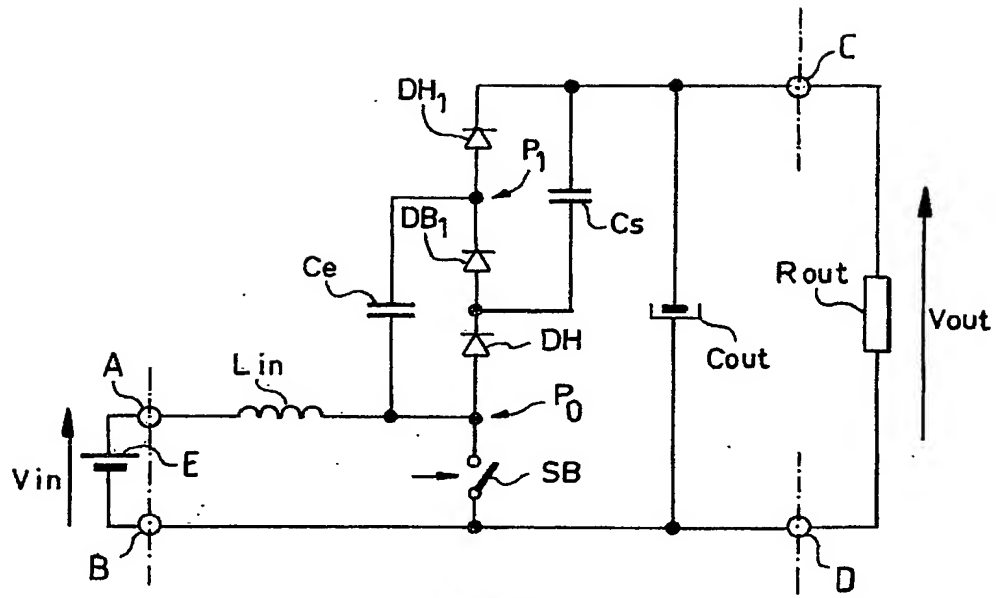


FIG. 4a

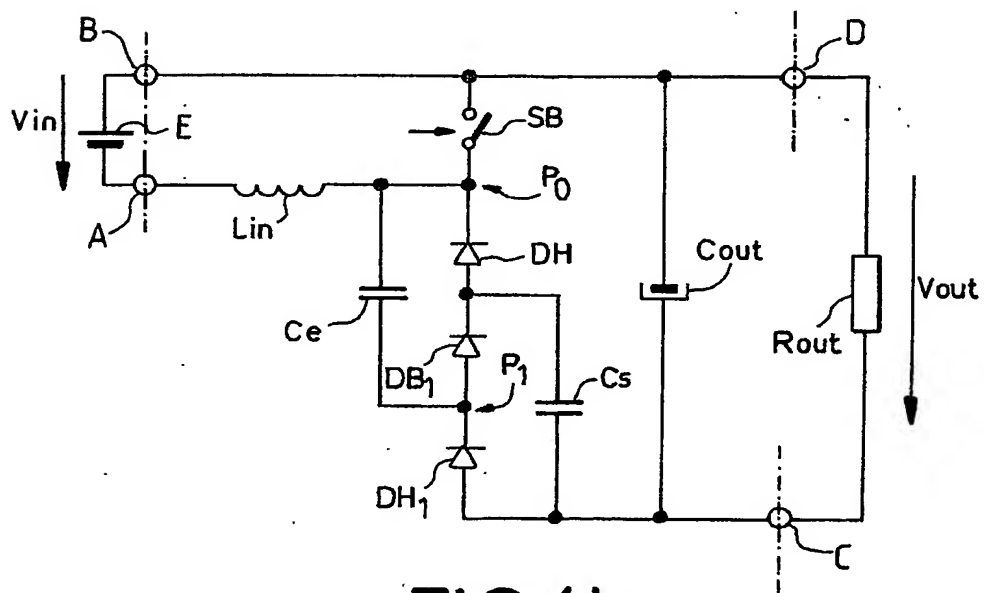
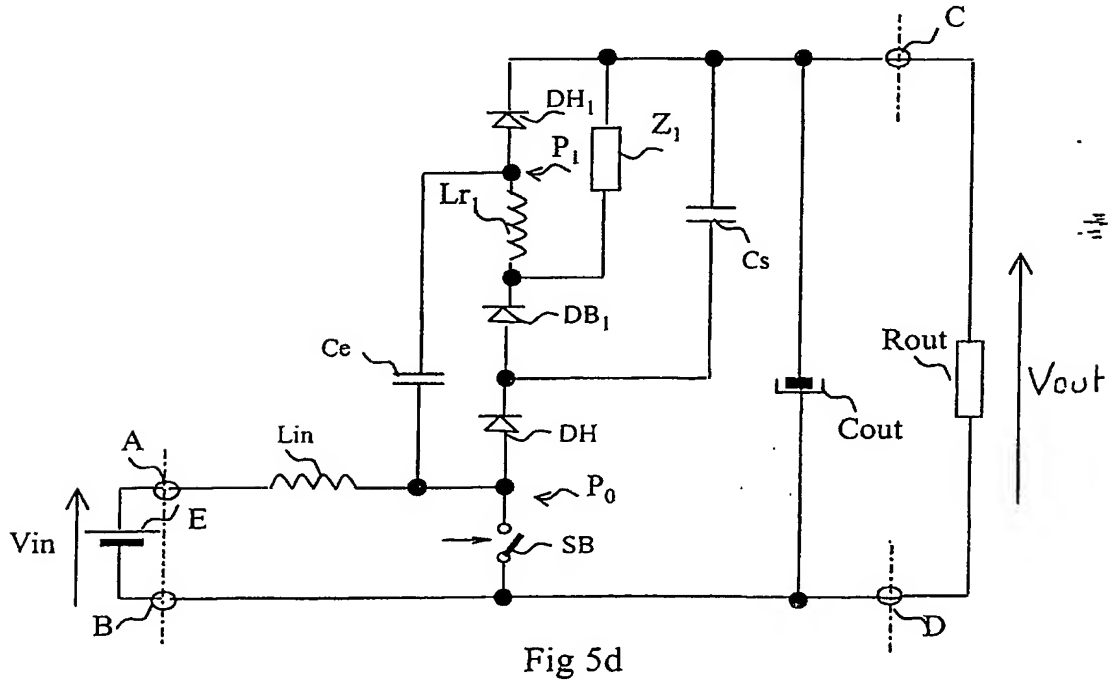
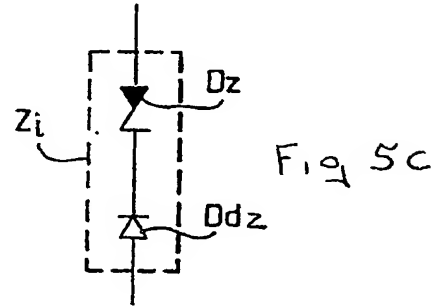
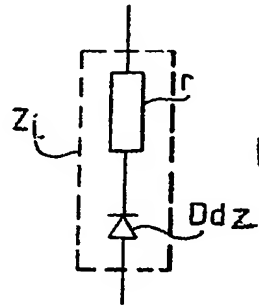
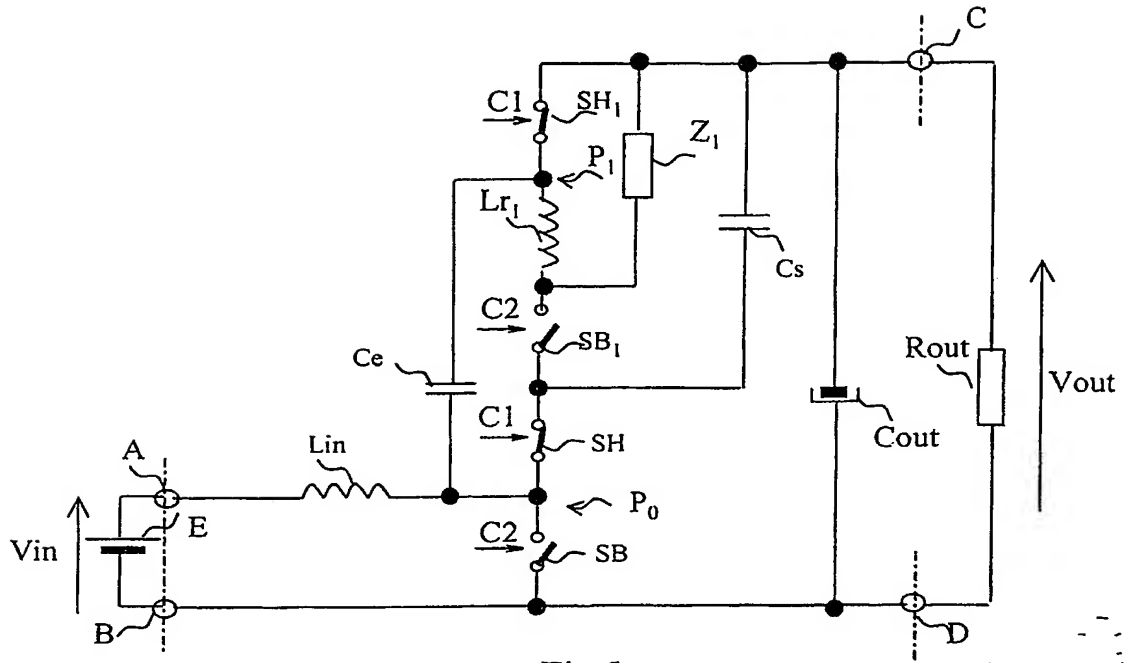
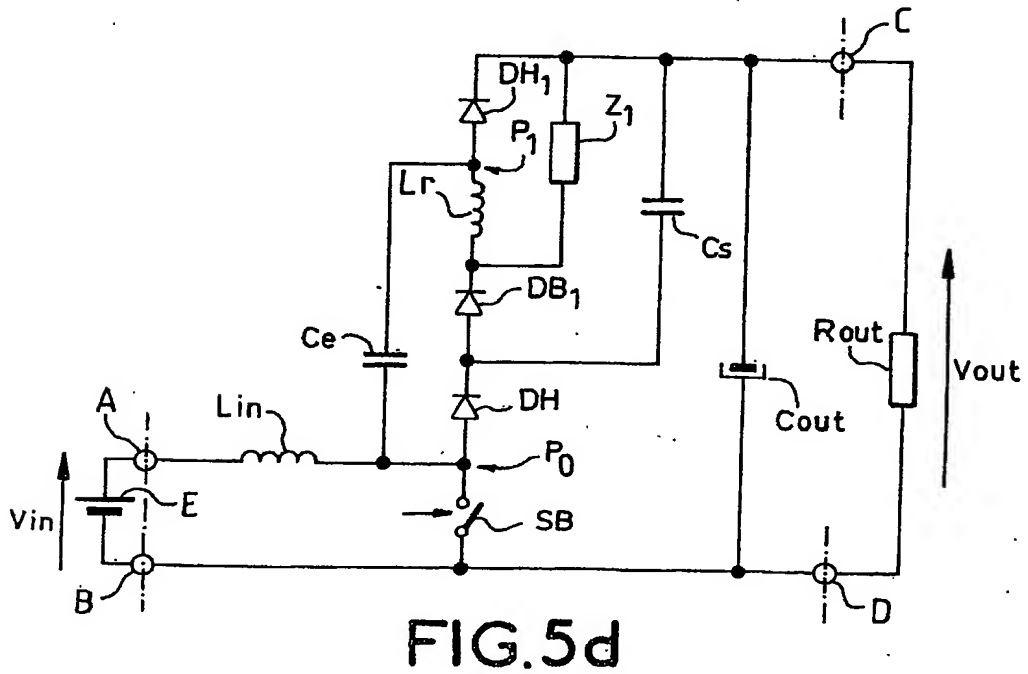
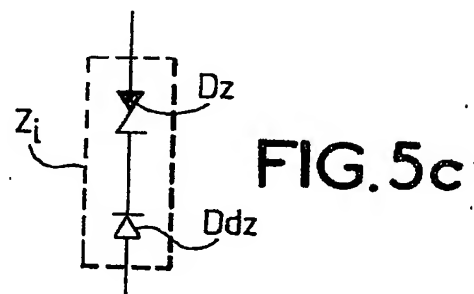
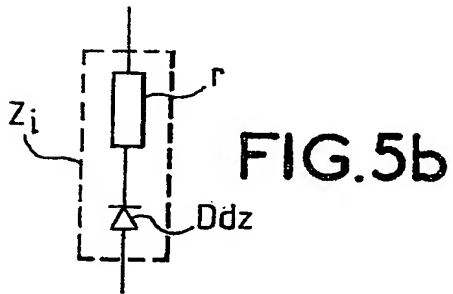
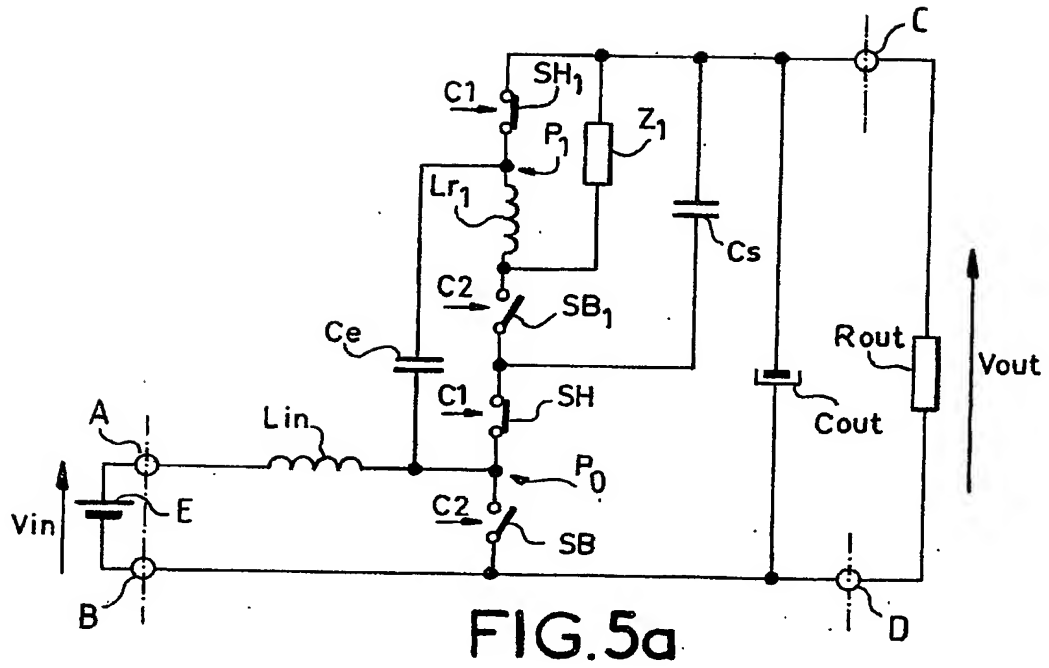
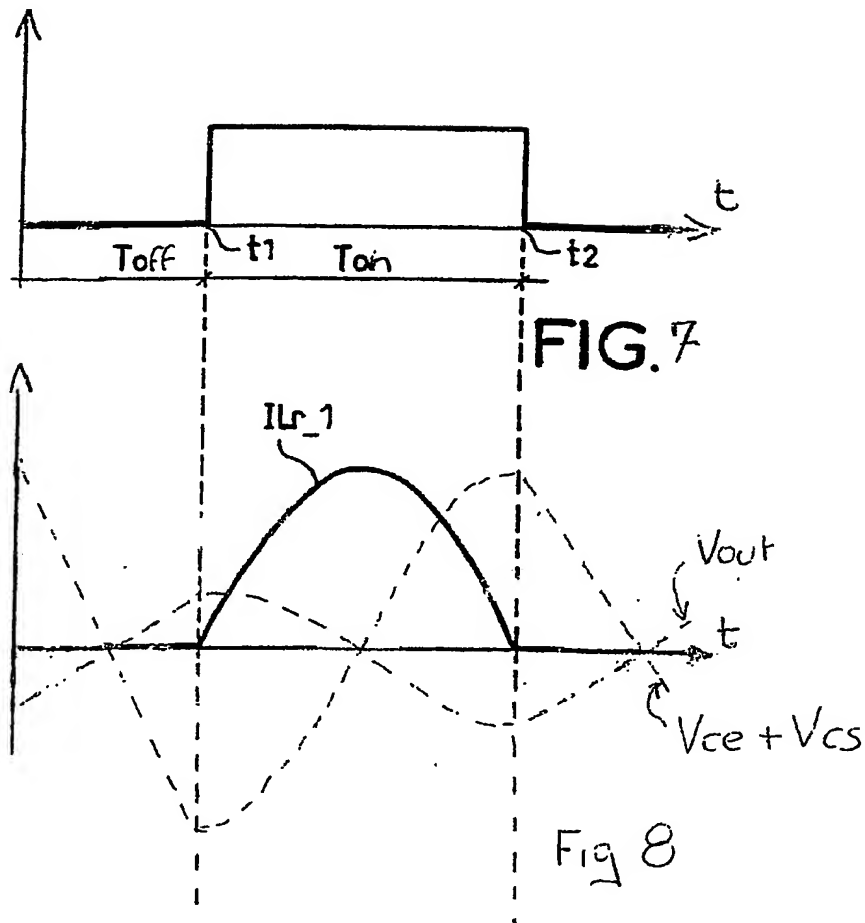
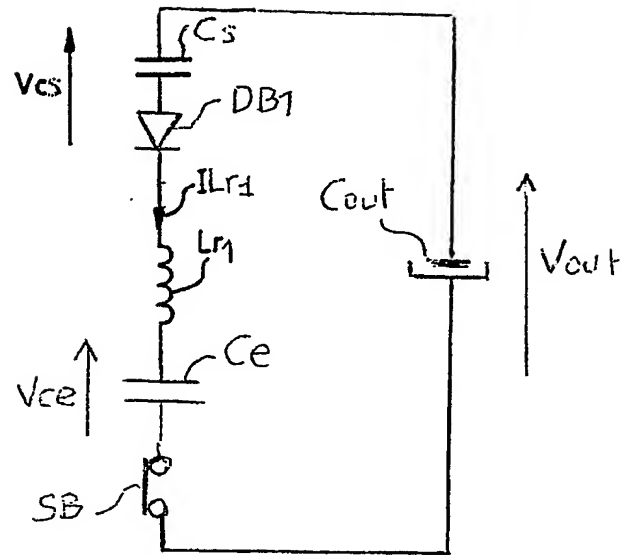
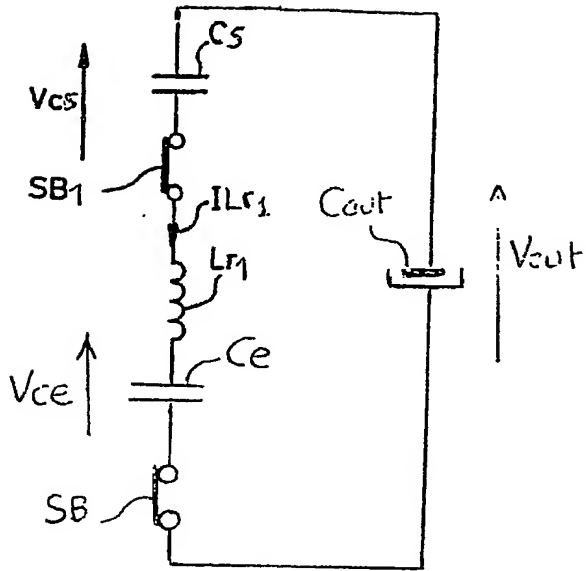


FIG. 4b







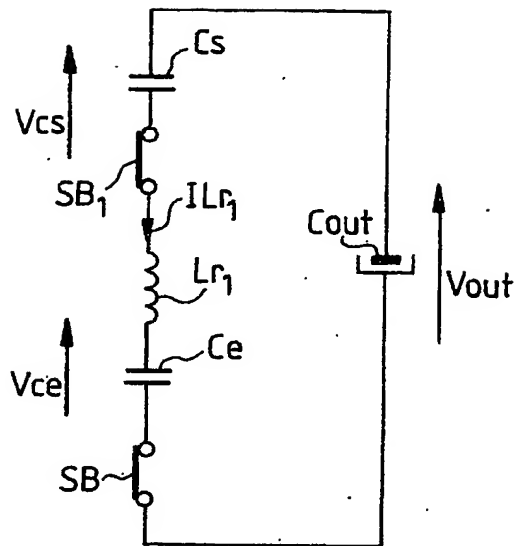


FIG. 6

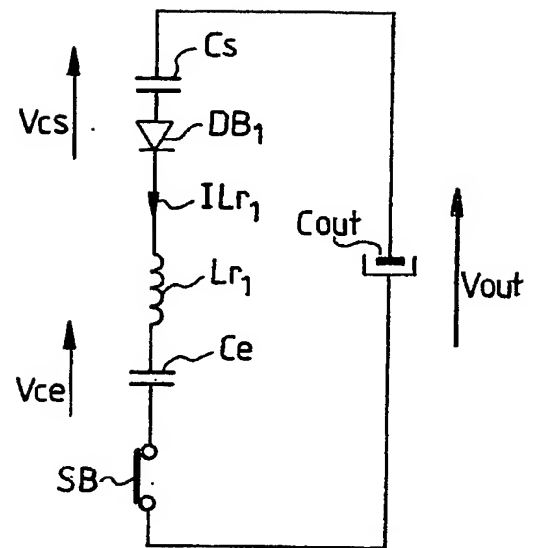


FIG. 6a

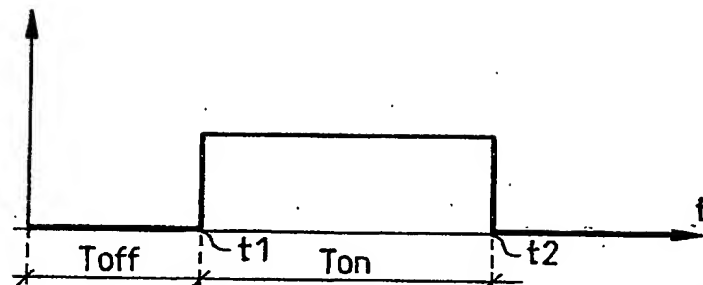


FIG. 7

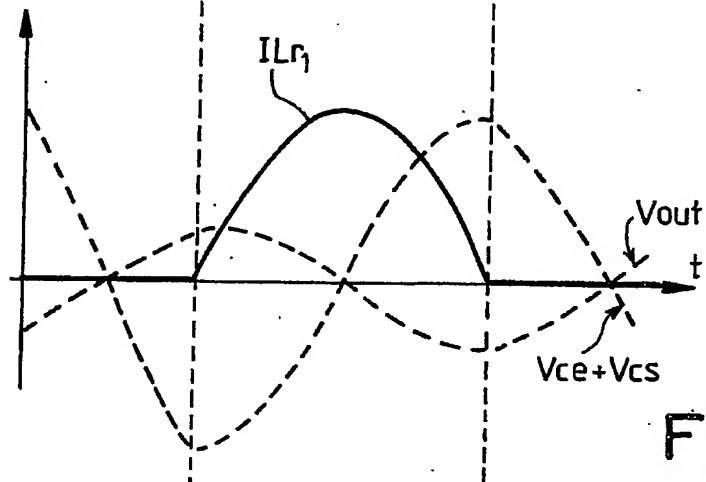


FIG. 8

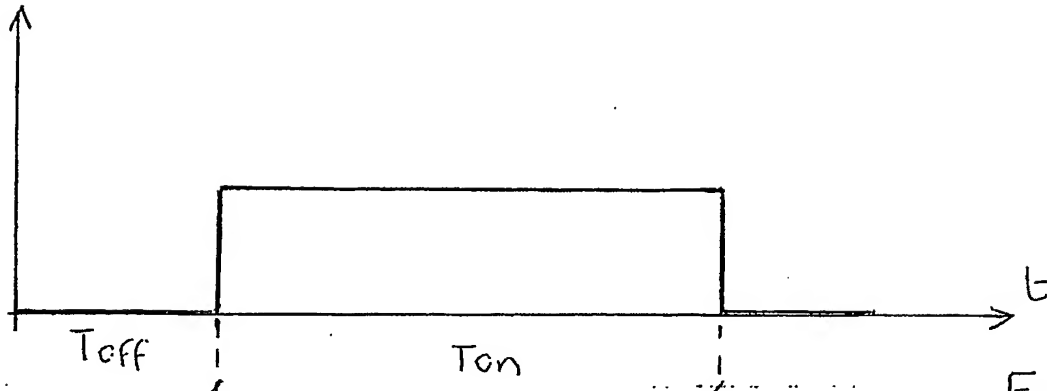


Fig 7a

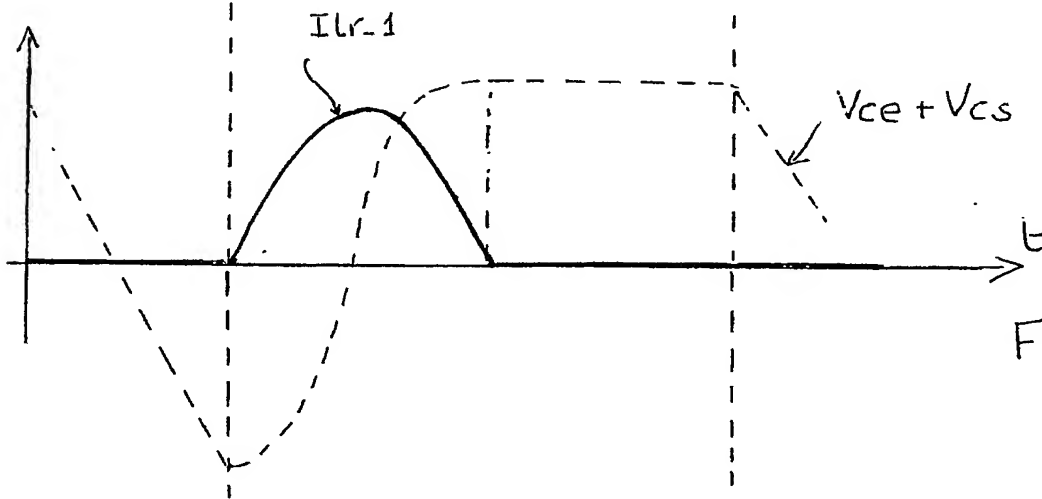


Fig 8a

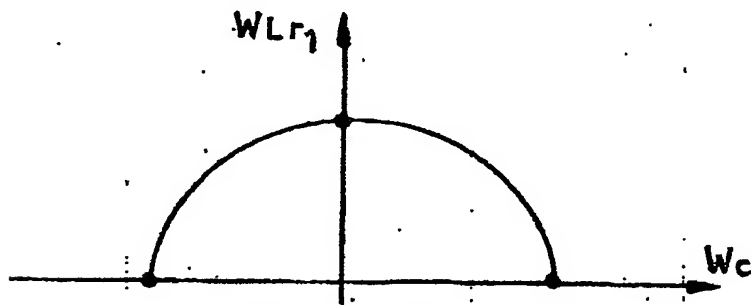
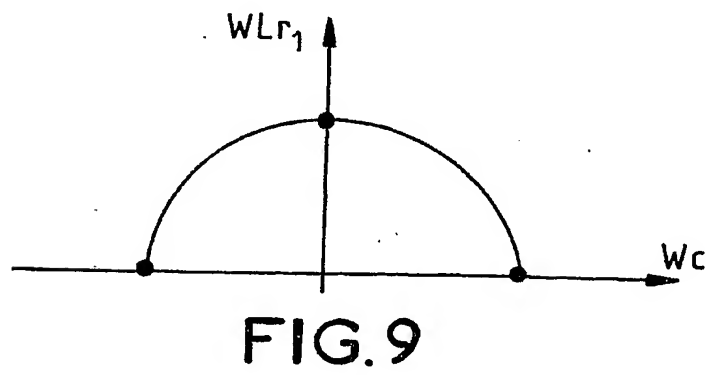
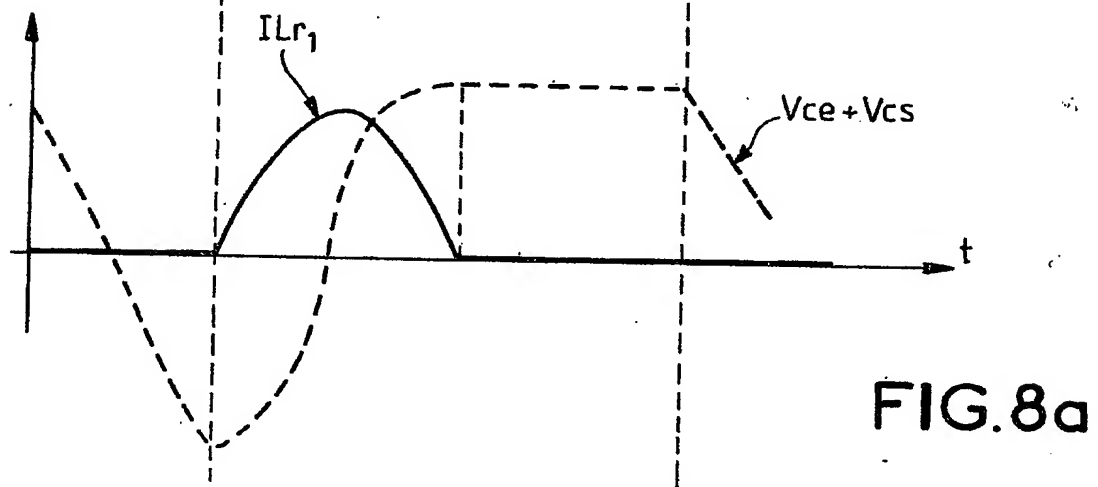
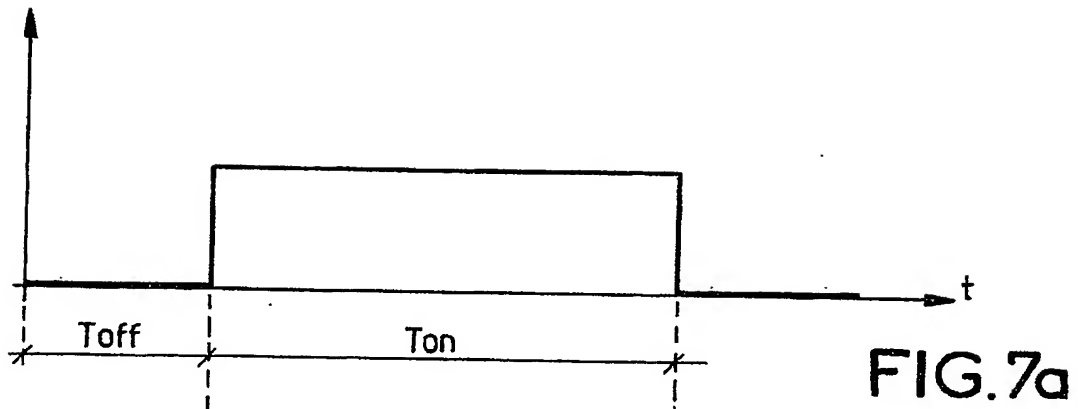


FIG.9



8/11

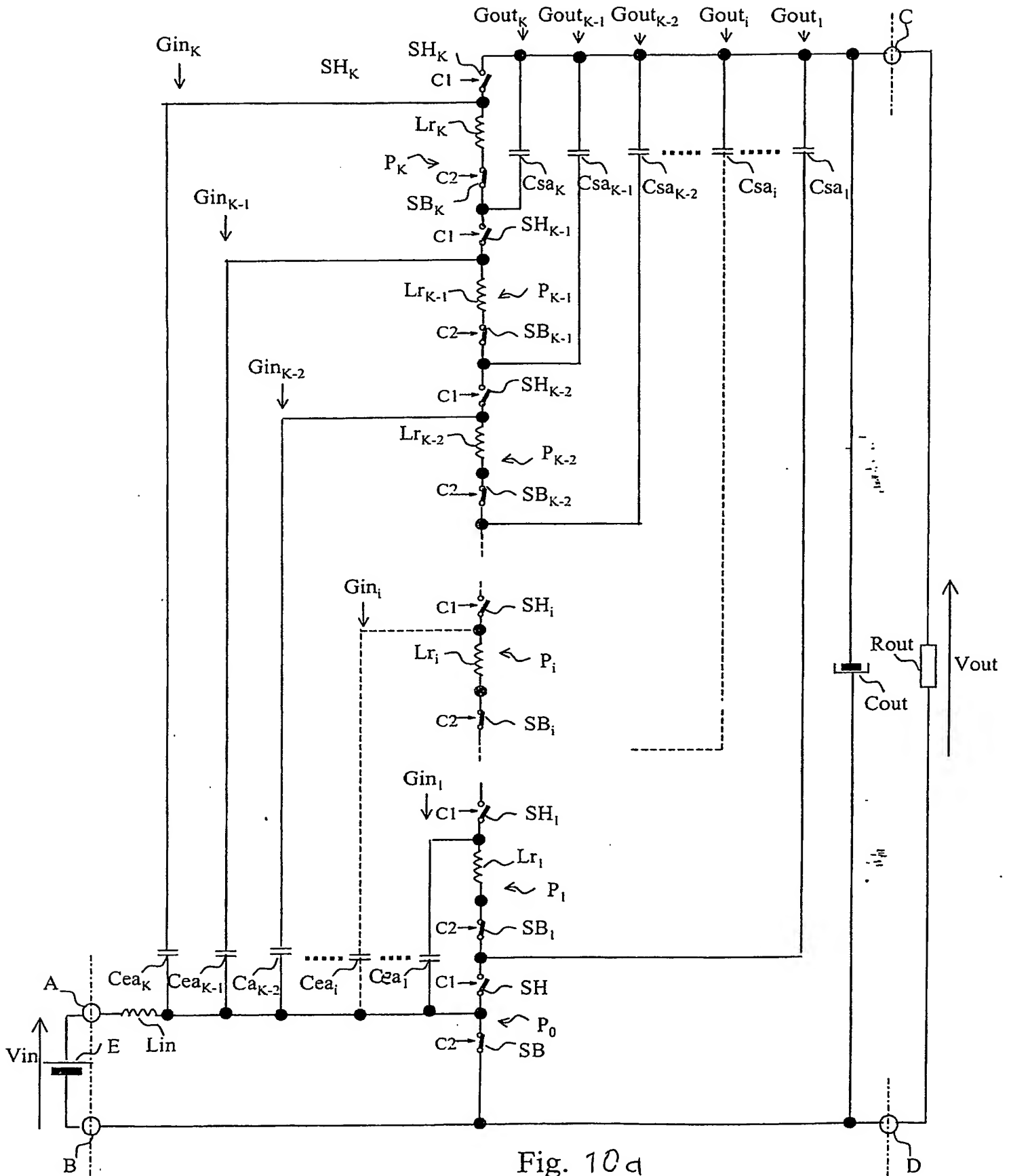


Fig. 10a

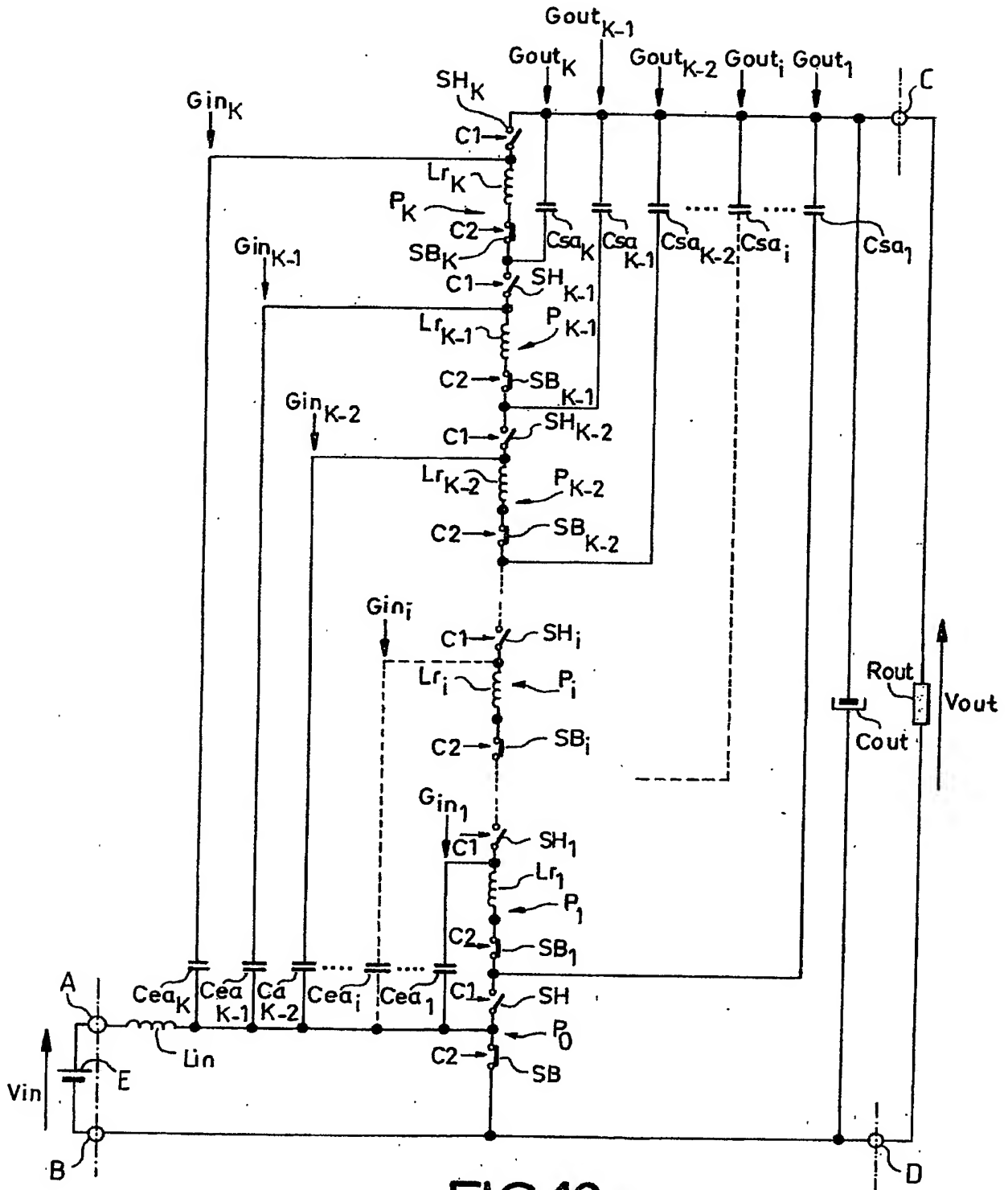


FIG. 10a

9/11

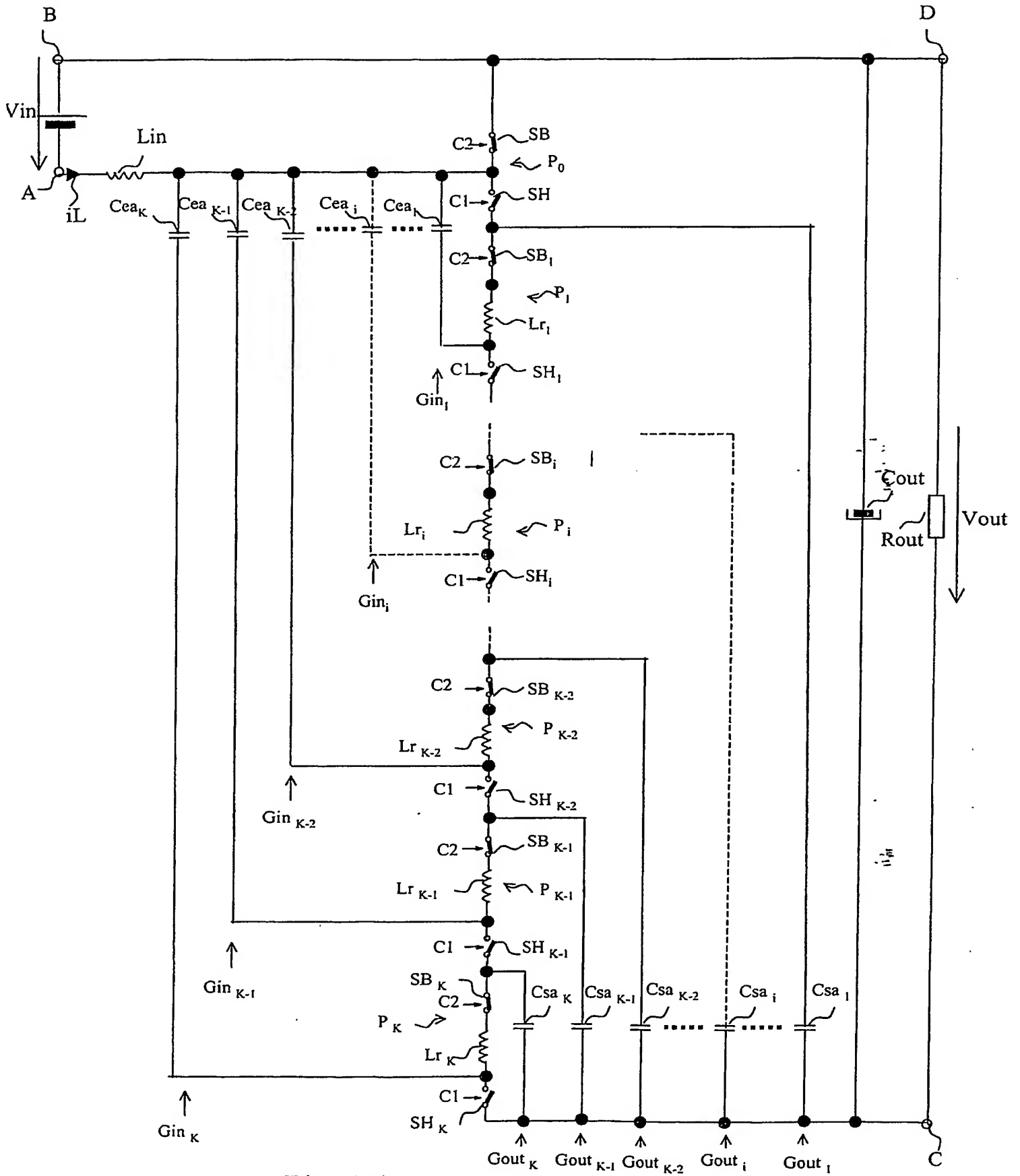


Fig. 10b

9/11

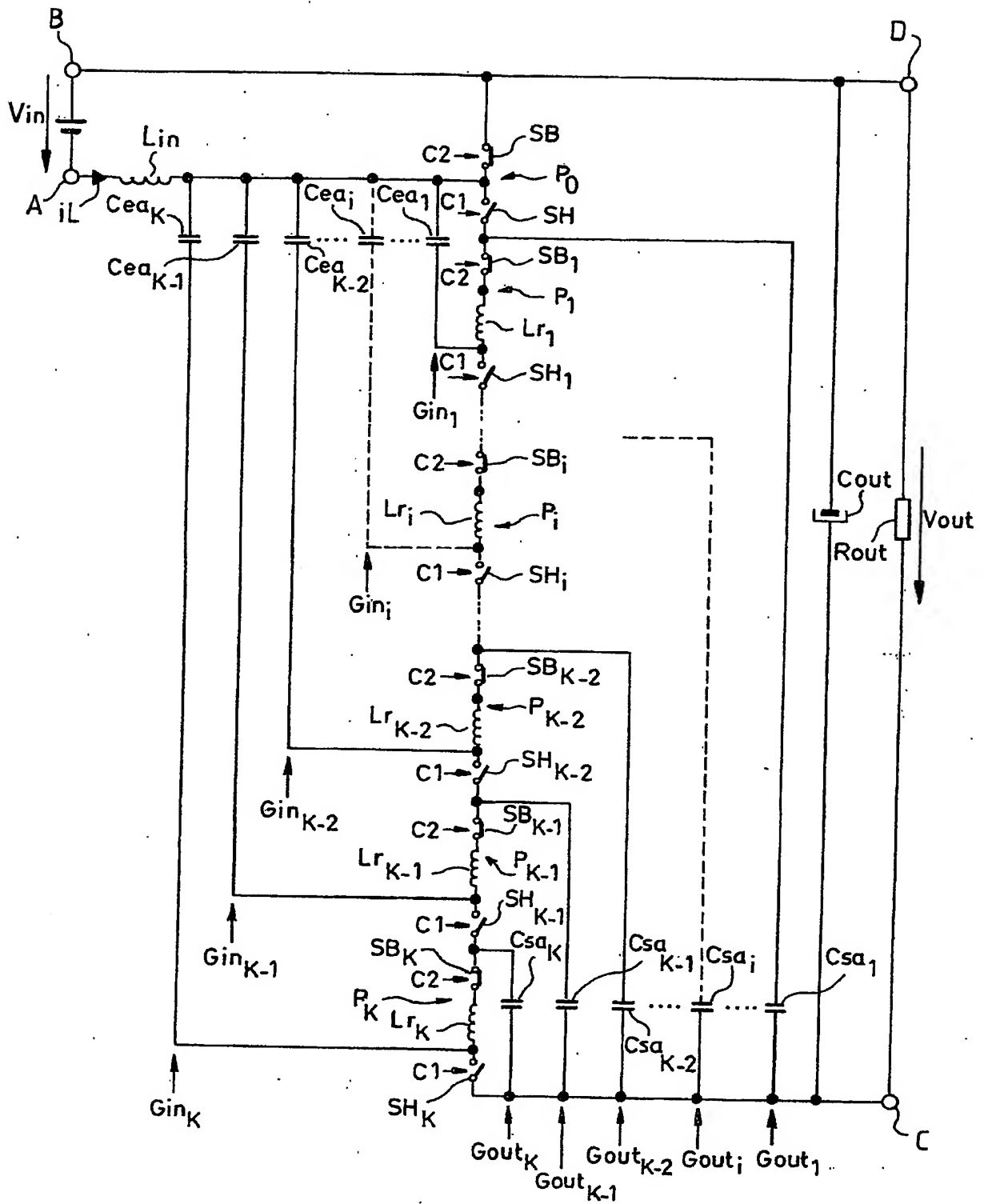


FIG.10b

10/11

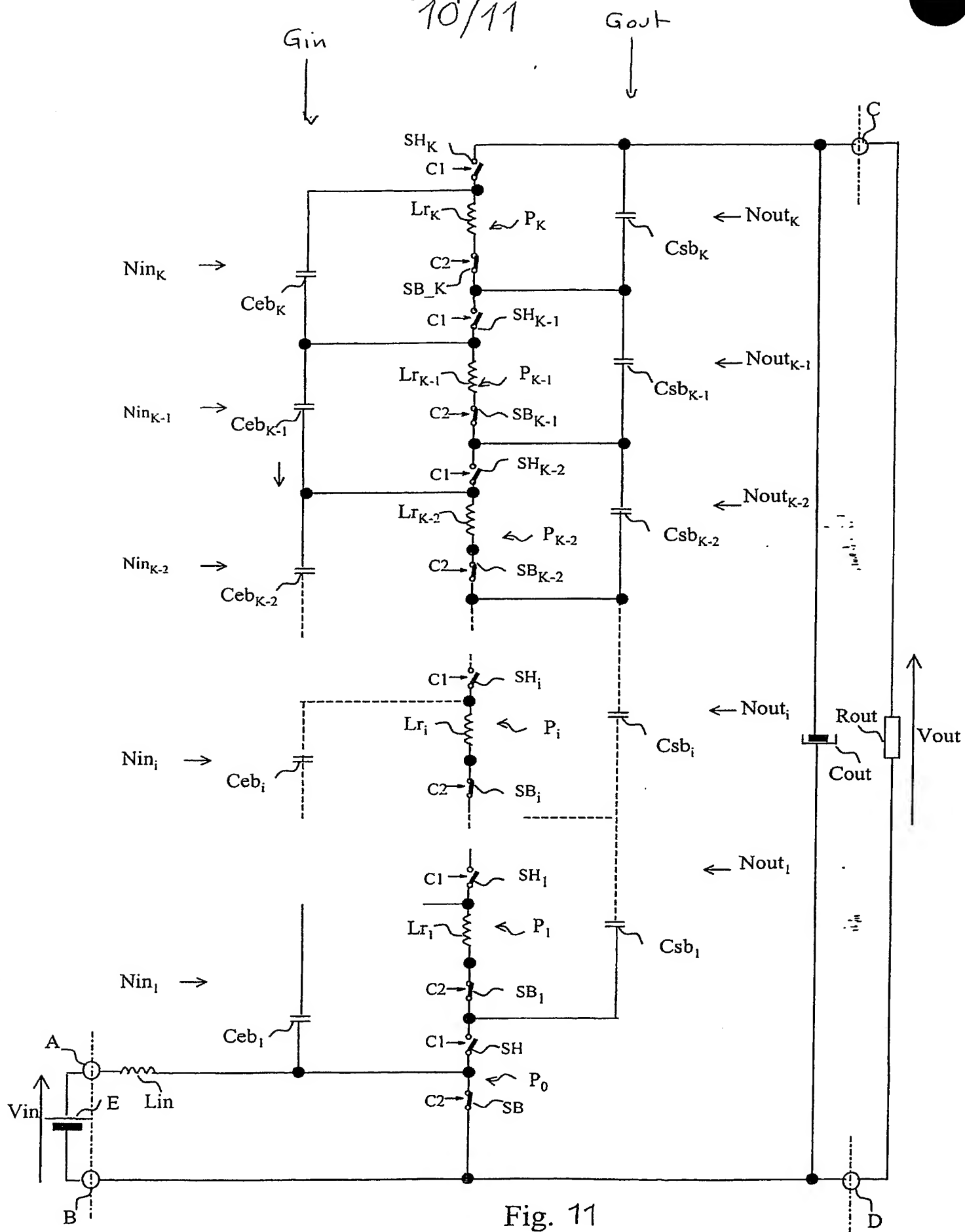


Fig. 11

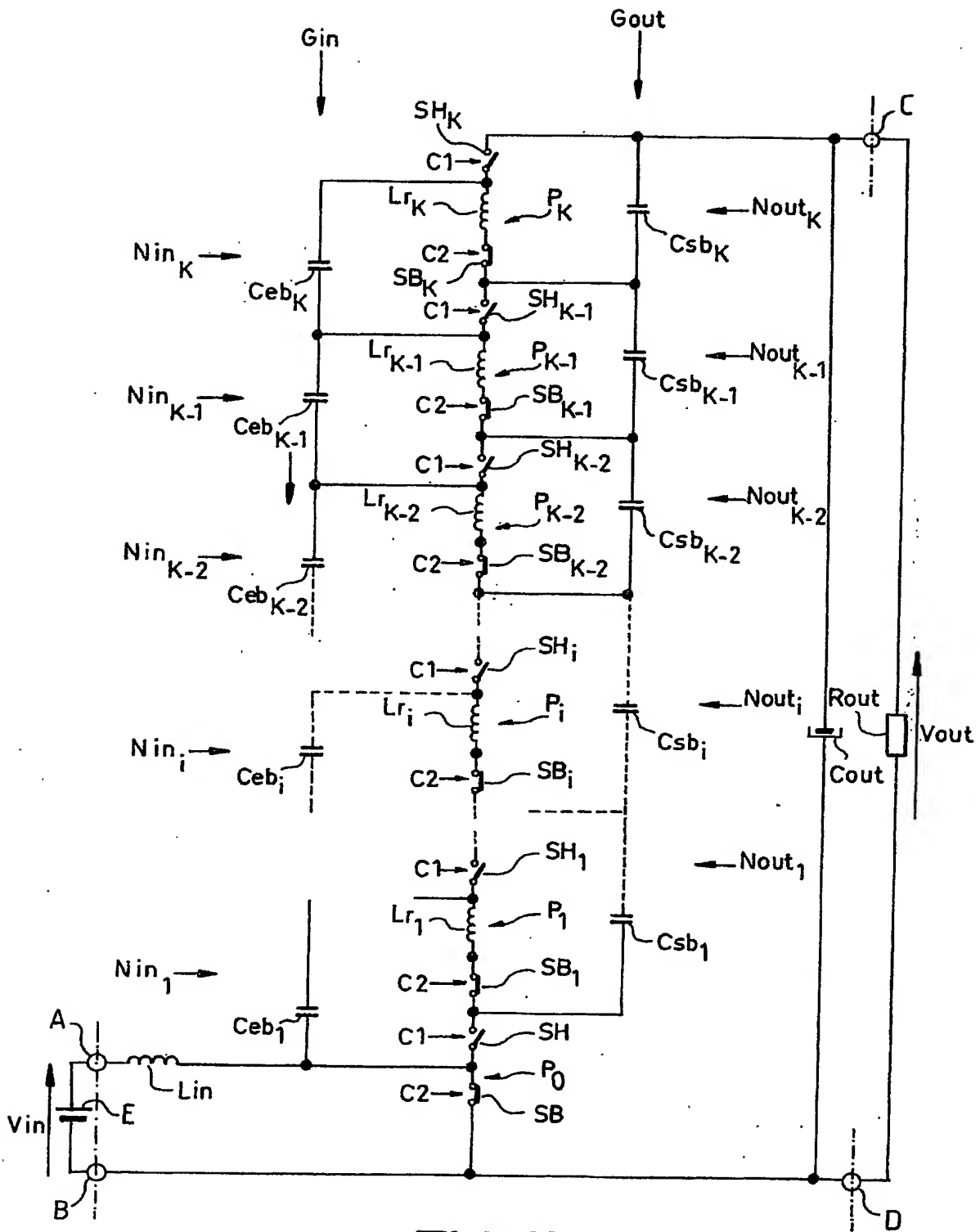


FIG. 11

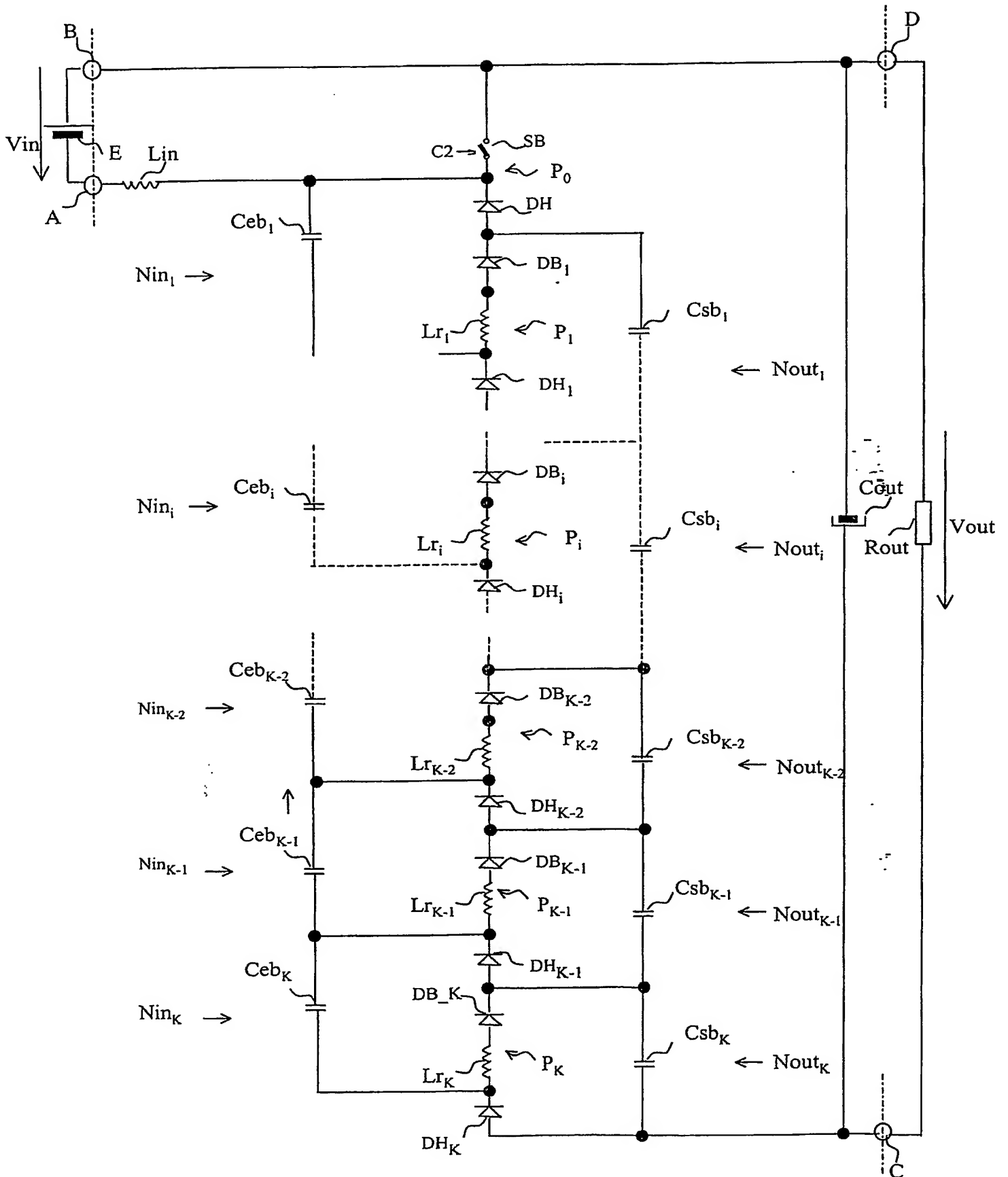


Fig.12

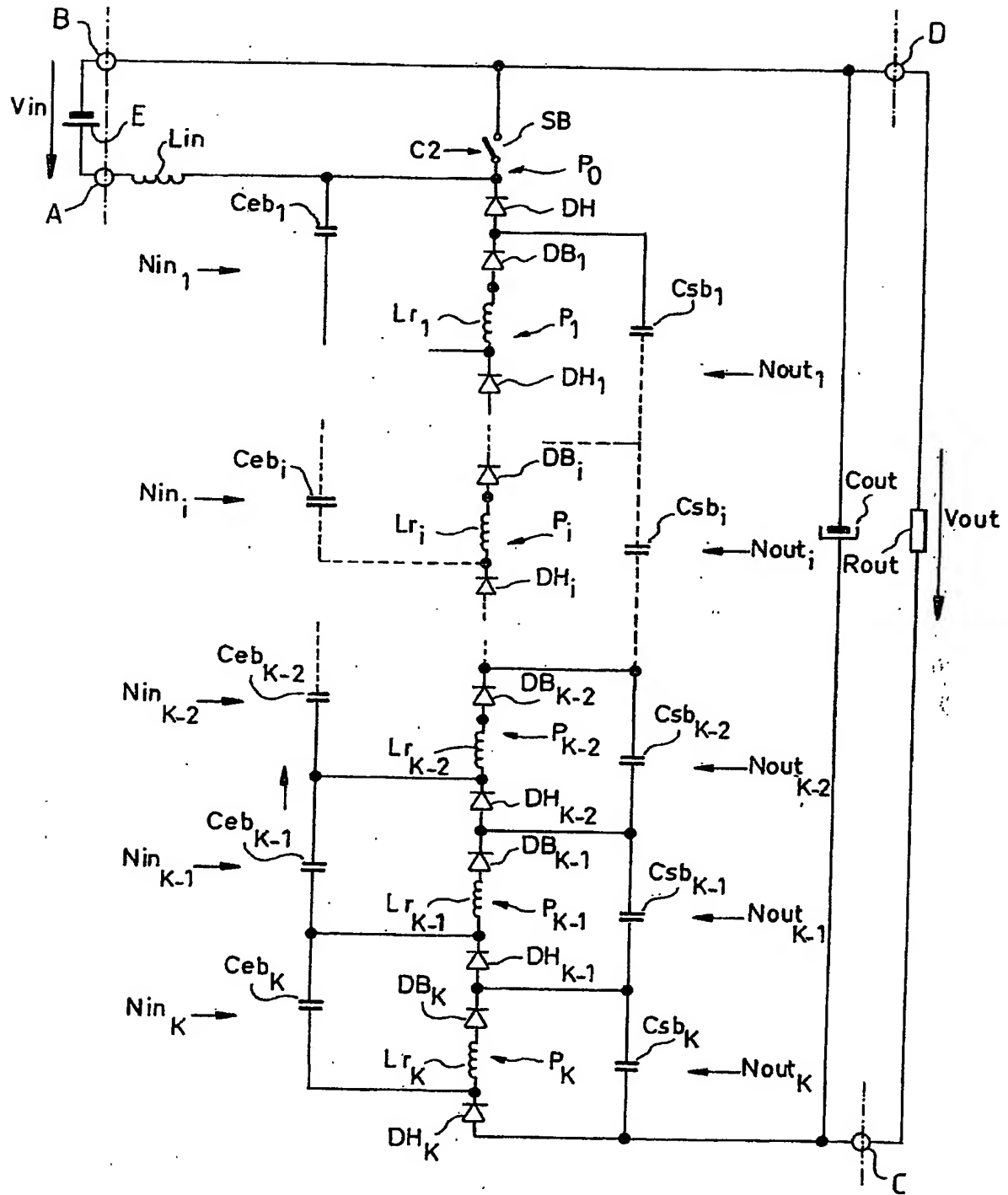


FIG.12

DÉPARTEMENT DES BREVETS

26 bis, rue de Saint Pétersbourg
75800 Paris Cedex 08

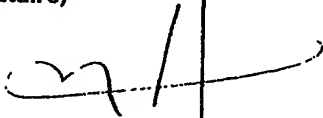
Téléphone : 01 53 04 53 04 Télécopie : 01 42 93 59 30

DÉSIGNATION D'INVENTEUR(S) Page N° 1. / 1.

(Si le demandeur n'est pas l'inventeur ou l'unique inventeur)

Cet imprimé est à remplir lisiblement à l'encre noire

08 113 W / 260899

Vos références pour ce dossier (facultatif)		63073	
N° D'ENREGISTREMENT NATIONAL		03/11 6221	
TITRE DE L'INVENTION (200 caractères ou espaces maximum) CONVERTISSEUR ELEVATEUR DE TENSION			
LE(S) DEMANDEUR(S) : THALES			
DESIGNE(NT) EN TANT QU'INVENTEUR(S) : (Indiquez en haut à droite «Page N° 1/1» S'il y a plus de trois inventeurs, utilisez un formulaire identique et numérotez chaque page en indiquant le nombre total de pages).			
Nom		TAURAND	
Prénoms		Christophe	
Adresse	Rue	THALES - INTELLECTUAL PROPERTY 31-33, Avenue Aristide Briand	
	Code postal et ville	94117	ARCUEIL CEDEX
Société d'appartenance (facultatif)			
Nom			
Prénoms			
Adresse	Rue		
	Code postal et ville		
Société d'appartenance (facultatif)			
Nom			
Prénoms			
Adresse	Rue		
	Code postal et ville		
Société d'appartenance (facultatif)			
DATE ET SIGNATURE(S) DU (DES) DEMANDEUR(S) OU DU MANDATAIRE (Nom et qualité du signataire) 3 Octobre 2003 Mariano DOMINGUEZ			

PCT/EP2004/051543

